Berlin, Kurstr. 51.
Lager ca. 250,000 Bände.

Chem.
294 hg Stöckhardt

Böhn.

DIE

SCHULE DER CHEMIE.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

DIE

SCHULE DER CHEMIE,

ODER

ERSTER UNTERRICHT IN DER CHEMIE,

VERSINNLICHT DURCH

EINFACHE EXPERIMENTE.

Zum
Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung,
insbesondere für
angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende etc.

Von

Dr. Julius Adolph Stöckhardt,
Königl. Sächs. Hofrath, Professor der Chemie an der Königl. Akademie für
Forst- und Landwirthe zu Tharand und K. S. Apothekenrevisor.

Achtzehnte verbesserte Auflage.

Mit 219 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer
farbigen Spectraltafel.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1876.

Gesch. p. 2247

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache,
sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

VORWORT

ZUR

ERSTEN AUFLAGE.

Mit lebhaftem Interesse erinnert der Verfasser sich noch an die Zeit, wo er als angehender Apotheker einst unter alten Büchern den Parkes'schen chemischen Katechismus und Hagen's Experimentalchemie antraf. Durch diese beiden Werke wurde ihm die bis dahin ziemlich unverständliche Chemie plötzlich zur liebsten Freundin, zur interessantesten Wissenschaft. Die darin angegebenen Experimente, die sich meistens auf die einfachste Weise in gewöhnlichen Medicinfläschchen, mit Hülfe einiger Glasröhren und einer einfachen Weingeistlampe anstellen liessen, sie waren es, welche die chemische Dämmerung bald in helles Morgenlicht, das unbestimmte Muthmaassen in klare Anschauung umwandelten.

Jedem Anfänger muss in ähnlicher Weise die Chemie unverständlich, ihr Studium schwierig und trocken erscheinen, wenn der Unterricht darin nicht durch Versuche unterstützt und erläutert wird. Durchdrungen von dieser Wahrheit schlug der Verfasser, als er selbst Lehrer geworden, einen Unterrichtsgang ein, bei welchem das Experiment die Hauptsache bildete und die theoretischen Lehren erst aus diesem entwickelt wurden. Da er denselben während einer achtjährigen Lehrerthätigkeit bewährt gefunden hat, so trägt er kein Bedenken, ihn, als einen pädagogischen Versuch, auch der Oeffentlichkeit zu übergeben. Es sind dabei insbesondere folgende Gesichtspunkte festgehalten worden:

1. Die Experimente müssen einfach und gefahrlos sein, damit der Anfänger in den Stand gesetzt werde, sie nach der gegebenen Beschreibung anzustellen und zu wiederholen. Eine einfache Weingeistlampe, ein Dreifuss, ein Löthrohr, ein Platinblech und einige Kochfläschchen, Probirgläschen, Porcellanschälchen und Glasröhren — das ist im Wesentlichen der ganze, nur einige Thaler kostende Apparat für die in diesem Werke vorgeschlagenen Versuche. Gute Bezugsquellen sind am Schlusse angegeben. Zu weiterer Versinnlichung dienen zahlreiche Figuren und Schemata.

2. Die Experimente müssen die Basis, das Fachwerk bilden für die Theorie. Der Anfänger soll daran beobachten, reflectiren, urtheilen lernen, er soll aus ihnen die allgemeinen chemischen Beziehungen und Wahrheiten selbst entwickeln, selbst nacherfinden, und sich auf diese Weise mit der manuellen Fertigkeit zugleich ein geistiges Eigenthum durch eigene Thätigkeit erwerben. Jeder Versuch, jede dabei beobachtete Thatsache wird ihm dann ein Sieg sein, der zu neuer Anstrengung aufmuntert. Das Experiment ist aus diesem Grunde immer vorangestellt worden; die Erklärungen, Begriffsbestimmungen, Folgerungen u. s. w. mag der Schüler erst dann nachlesen, wenn die Erscheinungen durch das Experiment ihm zu bekannten Grössen geworden sind.

3. Die Experimente müssen vorzüglich mit bekannten Körpern angestellt werden und bekannte Erscheinungen erklären. Bei der Unzahl von chemischen Elementen und Verbindungen ist es unerlässlich, eine Sonderung der minder wichtigen von den wichtigeren eintreten zu lassen und dem Anfänger nur die letzteren ausführlich darzubieten. Es ist ihm jedenfalls das Zuwenig gesünder als das Zuviel. Chemisch lesen zu lehren, das ist die eigentliche Aufgabe dieses Werkchens, und dazu reicht es hin, wenn nur die wichtigsten chemischen Körper und Erscheinungen, d. h. diejenigen, welche entweder im gewöhnlichen Lebensverkehr häufig vorkommen, oder aber vorzugsweise zur Begründung wissenschaftlicher Sätze geeignet erscheinen, dem Schüler bekannt werden.

4. Die Experimente müssen in natürlicher Reihenfolge vom Bekannten zum Unbekannten aufsteigen. Die überraschenden Resultate, welche durch die Jacotot'sche und

Robertson'sche Methode des Sprachunterrichts erlangt worden sind, sie verdienen gewiss in hohem Grade auch die Aufmerksamkeit der Lehrer der Naturwissenschaften. *Cum grano salis* auf den naturwissenschaftlichen Lehrstoff angewendet, dürften die Principien dieser naturgemässen und anregenden Methoden sicherer zu erfreulichen Ergebnissen führen als die übliche, starr-systematische, sogenannte wissenschaftliche Behandlung, bei der der Anfänger, statt freudig von der Anschauung zum Begriff, vom Begriff zur Idee emporzuklettern, oft nur seufzend unter einem todten Ballast von aufgestapelten Notizen und Namen seine Strasse zieht. In diesem Werkchen ist die jetzt herrschende Anordnung und Eintheilung des chemischen Unterrichtsstoffes zwar im Allgemeinen festgehalten worden, bei der Ausführung im Einzelnen dagegen hat der Verfasser nie Anstand genommen, von dem systematischen Gange in allen Fällen abzuweichen, wo durch diese Abweichung dem Auffassungsvermögen des Anfängers eine Erleichterung geboten werden konnte. Das Einrangiren der zu einer Gruppe gehörigen Individuen in systematische Reihen und Glieder soll später von dem Schüler selbst vorgenommen werden, und zwar erst dann, wenn er die persönliche Bekanntschaft der ersteren bereits gemacht hat. Ein Rückblick am Schlusse jeder Gruppe enthält eine Zusammenstellung der in derselben vorgekommenen theoretischen Lehrsätze. Die zum Studium der Chemie, namentlich zum chemischen Experimentiren, unentbehrlichen physikalischen Grundlehren gehen der Betrachtung des Wassers, der Luft und der Kohle voran.

In Bezug auf die Form der Darstellung ist zu erwähnen, dass der Verfasser nur dem einen Ziele nachgestrebt hat: die streng wissenschaftliche chemische Sprache ins Populäre zu übersetzen, d. h. fasslich und verständlich zu schreiben, damit Jeder, der Lust hat, die Chemie näher kennen zu lernen, sich auch ohne Lehrer so weit ausbilden könne, um andere chemische Schriften zu verstehen. Sollte er in diesem Bestreben hier und da zu weit gegangen sein oder vielleicht dem alten bewährten „*iter breve per exempla*" eine zu grosse Berücksichtigung geschenkt haben, so glaubt er doch, im Hinblick auf die grosse Schwierigkeit, bei so reichem Material die rechte Mitte zu treffen, auf einen milden Richterspruch hoffen zu dürfen. Das Eine sei hier nur noch bemerkt, dass die vielen

Beispiele und Hinweisungen auf die Anwendung der Chemie nicht sowohl um des materiellen oder professionellen, als vielmehr um des pädagogischen Nutzens willen aufgenommen worden sind; dieselben sind nämlich immer so an chemische oder physikalische Erscheinungen, an die Eigenschaften der Körper etc. angereiht worden, dass sie einerseits ein Hülfsmittel zum Verständniss der Theorie, andererseits ein mnemonisches Mittel zum Einprägen und Festhalten der letzteren abgeben sollen.

Die Chemie ist, abgesehen von ihrer Nützlichkeit, die Niemand bestreiten wird, eine so schöne Wissenschaft: sie macht uns erst recht heimisch in unserer allernächsten Nähe; sie giebt uns den Schlüssel zu den allergewöhnlichsten Naturerscheinungen, zu den zahllosen Veränderungen, die ohne Unterbrechung um uns her vor sich gehen; sie zeigt auch im Kleinsten das Walten einer ewigen Ordnung und Weisheit; sie bildet das Beobachtungsvermögen und den Scharfblick so des Auges wie des Geistes. Und dort wird sie immer noch nicht als ein allgemeines Bildungsmittel anerkannt, noch nicht in allen Gymnasien, in allen Seminarien gelehrt! Eine Wissenschaft, die uns Aufschluss giebt über die gewöhnlichsten Erscheinungen in der Natur, sollte nicht jedem nach Bildung strebenden Menschen von hohem Interesse sein? Eine Wissenschaft, die uns zeigt, dass auch im Kleinsten eine ewige Weisheit, Ordnung und Gesetzmässigkeit herrscht, sollte nicht auch einen wohlthätigen Einfluss auf das moralische Gefühl des Menschen ausüben? Eine Wissenschaft, welche das Beobachtungs- und Urtheilsvermögen des Menschen schärft, sollte nicht auch um des pädagogischen Nutzens willen, als formales Bildungsmittel, Eingang in höheren Bildungsanstalten verdienen? Kann ein Geistlicher, ein Schulmann, ein Gebildeter überhaupt, unwissend bleiben in den gemeinsten Wahrheiten, die in wenigen Jahrzehnten Eigenthum, wenn auch nicht aller, doch sehr vieler Handwerker und Landleute sein werden?

Die Befürchtung, dass durch die Aufnahme der Chemie unter die Unterrichtsgegenstände für Gymnasien und Seminarien den übrigen Disciplinen zu viel Zeit entzogen werde, wird kaum als eine erhebliche anzusehen sein, da ein halbjähriger Cursus von wöchentlich nur zwei Stunden einem umsichtigen Lehrer schon genügen würde, um den Zöglingen der obersten Classe

die Grundwahrheiten der Chemie zum klaren Bewusstsein zu bringen. Eben so unbegründet ist die Beschuldigung, dass die Chemie zu nützlich sei und den Materialismus befördere. Zu leugnen ist es allerdings nicht, dass der chemische Unterricht, gerade so wie der Unterricht in Sprachen, Geographie, Mathematik u. s. w. in der Hand eines geistlosen Führers zum fleischlosen Skelett, zur tönenden Schelle werden kann; der Vorwurf trifft nur dann nicht die Wissenschaft, sondern den ungeschickten Priester derselben. So lange man es einer Pflanze nicht als einen Tadel anrechnet, wenn sie nebst einer duftigen Blüthe zugleich eine erquickende Frucht trägt, so lange wird auch die Chemie nicht darüber zu erröthen brauchen, dass sie nicht nur ein Culturmittel für unsern Geist, sondern auch ein Beförderungsmittel unserer materiellen Wohlfahrt ist.

Chemnitz, im Mai 1846.

Julius Adolph Stöckhardt.

VORWORT
ZUR
SIEBENZEHNTEN AUFLAGE.

Als ich vor 27 Jahren mein chemisches Schifflein mit der Flagge: Versuch, die Chemie geniessbar für Laien zu machen, vom Stapel laufen liess, da hoffte ich wohl auf eine leidliche Küstenfahrt und einen bescheidenen Küstenhandel, das aber wagte ich keineswegs zu hoffen, dass dessen Ladung auch in entfernten Gegenden Nachfrage finden und diese Nachfrage mir die Freude verschaffen würde, siebenzehnmal für neue Befrachtung Sorge zu tragen. Mancher erfahrene chemische Pilot hat dem harmlosen Segler in dieser Zeit ein ermunterndes Glückauf zugerufen, selbst pädagogische Meister haben ihn auf ihrem Ocean willkommen geheissen. Ihnen Allen meinen aufrichtigen Dank!

Von den Veränderungen, welche die Schule der Chemie in der vorletzten Auflage erfahren, fällt die eine, äusserliche, von

selbst in die Augen. Mein werther Herr Verleger wünschte diese typographischen Verwandlungen dringend und ich hatte keinen Grund, meine Zustimmung zu versagen. Eine weitere Veränderung allgemeinerer Art ist die Einführung des metrischen Gewichts und Maasses. Trug ich früher Bedenken, in einem Werke mit populärer Tendenz quantitative Versuche in Grammen und Litern anzugeben, so sind diese jetzt, wo Apotheker und Aerzte auf sie angewiesen sind, als bekannt genug vorauszusetzen, um ihre Benutzung nicht bloss als zulässig, sondern geradezu als nothwendig anzusehen. Erweiterungen haben nur in beschränktem Maasse Platz gegriffen, da eine bedeutende Anschwellung des Buches seinem Zwecke zuwider gewesen sein würde; die dem analytischen Anhange beigefügte Anleitung zur systematischen Auffindung der wichtigeren Basen und Säuren verdankt mehrfach geäusserten Wünschen ihre Entstehung. Dagegen hat eine sehr gründliche Revision des gesammten Inhalts stattgefunden, durch welche derselbe, so materiell wie formell, vielfache Verbesserungen erfahren haben dürfte. Von der bisherigen chemischen Theorie zu Gunsten der neuen abzugehen, ist mir jetzt noch nicht an der Zeit erschienen, und einsichtige Freunde haben mich in dieser Ansicht bestärkt. Zur Anbahnung eines allmäligen Ueberganges sind jedoch die modernen Anschauungen der chemischen Thatsachen am Ende der ersten Abtheilung in ihren Grundzügen so zusammengestellt worden, dass es dem fleissigen Leser nicht schwer fallen wird, sie sich zu eigen zu machen. Gelegenheit zu weiterer Einübung bietet die zweite Abtheilung dieses Werkes, in welcher bei den wichtigeren Verbindungen auch die atomistischen Molecularformeln, in einzelnen Fällen auch die typischen, mit aufgenommen worden sind. Die zu den in diesem Buche angegebenen Experimenten erforderlichen Chemikalien und Apparate werden vom Apotheker Back in Tharand in vorzüglicher Beschaffenheit geliefert. Weitere Bezugsquellen der Letzteren sind am Schlusse des Werkes angegeben.

Und so lichte es denn getrost wieder seine Anker, das neubefrachtete Schifflein, und stifte neuen Nutzen und finde neue Freunde!

Tharand, im März 1873.

Julius Adolph Stöckhardt.

VORWORT

ZUR

ACHTZEHNTEN AUFLAGE.

Der Verfasser hat sich bei Bearbeitung der vorliegenden neuen Ausgabe in der Hauptsache darauf beschränkt, die neuen Thatsachen einzuregistriren, welche er für die Zwecke seines Werkes als geboten anzusehen hatte, wie Mängeln und Unfertigkeiten abzuhelfen, die ihm bei den früheren, obwohl so oft wiederholten Ueberarbeitungen entgangen waren. Wesentliche Aenderungen sind nur in der Darstellung der chemischen Verbindungsgesetze vorgenommen worden, wie solche dem schon im letzten Vorworte kundgegebenen Bestreben, „einen allmäligen Uebergang von der bisherigen Theorie zu den modernen Anschauungen der chemischen Thatsachen anzubahnen“, förderlich erschienen. Die zahlreichen daselbst, wie in der zweiten Abtheilung des Werkes, mitgetheilten Molecular- und Constitutionsformeln werden, wie ich hoffe, die Leser dieses Buches dazu anregen, auch die anderen älteren Formeln desselben in neue zu übertragen und sich auf diese Weise mit den letzteren vertraut zu machen.

Tharand, im Februar 1876.

Julius Adolph Stöckhardt.

INHALT.

I. Unorganische Chemie.

Seite

Chemische Vorgänge. Maass und Gewicht 3

Chemische Veränderungen und Versuche 3

Chemische Veränderungen 3. Allgemeinheit der chemischen Vorgänge 4. Lebenskraft und chemische Vorgänge 5. Wichtigkeit der chemischen Kenntnisse 6. Chemische Kraft oder Verwandtschaft. Chemische Versuche 7. Analyse. Synthese. Angewandte und wissenschaftliche Chemie 8.

Wägen und Messen 11

Wage 11. Metrisches oder Decimal-Maass- und Gewichtssystem 12. Längenmaasse 13. Flächen-, Körper- und Hohlmaasse 14. Gewichte 15. Messgefässe 16.

Specifisches Gewicht 17

Verschiedene Schwere (Dichtigkeit) der Körper 17. Bestimmung des specifischen Gewichts flüssiger Körper 19. Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper 20. Schwimmen der Körper. Aräometer oder Senkwagen 21. Einfluss der Temperatur auf das specifische Gewicht 23.

Die alten Elemente 24

Naturkörper. Naturkräfte 24. Die sogenannten alten Elemente 25.

Seite

Wasser und Wärme . 26

Ausdehnung durch Wärme. Thermometer 26

Ausdehnung flüssiger Körper 26. Thermometer oder Wärmemesser 28. Messen hoher Kälte- und Hitzgrade. Ausdehnung fester Körper 30. Ausdehnung des Wassers durch Abkühlung 33. Eisbildung im Winter 34.

Schmelzen fester Körper durch Wärme 34

Feste Körper werden durch Wärme flüssig 34. Schmelzpunkt 35. Beim Schmelzen verschwindet Wärme. Beim Erstarren wird Wärme frei 36.

Kochen und Verdampfen flüssiger Körper 37

Kochen des Wassers 37. Wasserdampf 39. Kochen durch Wasserdampf 40. Verdunstung des Wassers 42. Thaupunkt 43. Beschleunigung der Verdunstung. Verdunstungskälte 44. Destillation des Wassers 45.

Specifische Wärme der Körper 46

Verbreitung der Wärme 48

Wärmeleitung 48. Wärmestrahlung 50. Bildung von Thau und Reif 51.

Auflösen und Krystallisiren 52

Wasser als Lösungsmittel 52. Schwerlösliche Körper. Lösen von Lackmus 53. Probirpapiere. Leichtlösliche Körper. Krystallisiren durch Abkühlung 55. Gestörte Krystallisation 56. Krystallisiren durch Abdampfung. Trennung von Körpern durch Krystallisation 57. Chemisch gebundenes Wasser. Krystallwasser 58.

Bestandtheile des Wassers 58

Wasserzerlegung 58.

Nichtmetalle oder Metalloide 61

Erste Gruppe: Organogene 61

Sauerstoff oder Oxygen 61

Sauerstoff aus Quecksilberoxyd 61. Zerlegungskraft der Wärme. Verbrennung in Sauerstoff 63. Sauerstoff aus chlorsaurem Kali 64. Pneumatische Wanne 65. Gasometer 66. Menge des gewonnenen Sauerstoffs. Veränderung des chlorsauren Kalis 67.

Versuche mit Sauerstoffgas 68

Seite

Kohle und Sauerstoff. Schwefel und Sauerstoff. Phosphor und Sauerstoff 68. Säuren. Natrium und Sauerstoff 69. Eisen und Sauerstoff. Basen. Quantitative Verhältnisse 70. Neutralisiren 71. Unlösliches Salz. Schwerlösliches Salz. Eisensalz. Oxydationsstufen 72. Oxydationsstufen der Säuren. Oxydationsstufen der Basen 73. Sauerstoffmenge in den Oxyden. Sauerstoff aus Braunstein 74. Nomenclatur. Ozon 75. Allotropie 76.

Wasserstoff oder Hydrogen 76

Wasserzersetzung durch Natrium 76. Wasserzersetzung durch Eisen 77. Wasserzersetzung durch Eisen und Schwefelsäure 78. Mischen von Schwefelsäure und Wasser 79.

Versuche mit Wasserstoffgas 79

Eigenschaften 79. Wasserstoff und Platinschwamm 80. Wasserstoff-Feuerzeug 81. Hitze beim Verbrennen des Wasserstoffs 82. Bildung und Zusammensetzung des Wassers 84. Wasserstoffüberoxyd. Chemische Zeichen und Formeln 85. Chemischer Vorgang 86.

Atmosphärische Luft 87

Druck der Luft 88

Einseitiger Luftdruck 88. Zurücksteigen von Flüssigkeiten 89. Barometer 90. Verstärkung des Luftdruckes. Spritzglas 92. Siedepunkt des Wassers bei schwachem Luftdruck 94. Siedepunkt des Wassers bei starkem Luft- oder Dampfdruck 95.

Luft und Wärme 96

Ausdehnung durch Wärme. Luftzug 96. Gase und Dämpfe. Specifisches Gewicht oder Volumgewicht der Gase und Dämpfe 98. Specifische Wärme der Gase und Dämpfe 99.

Bestandtheile der atmosphärischen Luft 99

Hauptbestandtheile der Luft 99. Nebenbestandtheile der Luft 100.

Stickstoff oder Nitrogen 101

Eigenschaften des Stickstoffs 101.

Kohle und Feuer . 102

Kohlenstoff oder Carbon 102

Kohlenstoff der organischen Körper 102.

Seite

Versuche mit Holzkohle 103

Darstellung der Holzkohle 103. Saugkraft der Holzkohle 104. Porosität der Holzkohle. Adhäsion 106. Andere Arten von Kohle 107. Dimorphie und Polymorphie 109.

Verbindungen des Kohlenstoffs 110

Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlensäure 110. Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlenoxydgas. Kohlenstoff und Wasserstoff 112.

Verbrennung . 113

Bedingungen der Verbrennung 113. Luftzug 114. Doppelter Luftzug 115. Entzündungstemperatur 116. Auslöschen durch Abkühlung 117. Langsame und rasche Verbrennung. Vollständige Verbrennung 119. Unvollständige Verbrennung 120.

Leuchtgas und Flamme 122

Leuchtgas aus Holz 122. Leuchtgas aus Steinkohlen 123. Holzgas, Holztheer und Holzessig 124. Reihenfolge beim Verbrennen 125. Weingeistflamme. Talg- oder Oelflamme 126.

Rückblick auf die Organogene 128

Zweite Gruppe der Nichtmetalle: Pyrogene 131

Schwefel, Sulphur . 131

Schmecken und Riechen. Schwefel schmilzt durch Wärme 131. Krystallisiren geschmolzener Körper. Dimorphie des Schwefels 132. Amorpher Schwefel 133. Schwefelgas und Schwefelblumen 134. Präcipitirter Schwefel 135.

Verbindungen des Schwefels 136

Sauerstoff und Schwefel. Kupfer und Schwefel 136. Eisen und Schwefel 137. Schwefelungsstufen 138.

Schwefelwasserstoff oder Hydrothionsäure 138

Darstellung von Schwefelwasserstoff 138. Eigenschaften des Schwefelwasserstoffs 139. Schwefelwasserstoff und metallische Körper 140. Schwefelwasserstoff als Reagens 142. Schwefelwasserstoff durch Fäulniss. Schwefelwasserstoff in Quellen 143.

Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol 143

Selen und Tellur . 144

Phosphor . 144

Seite

Vorsicht bei Versuchen mit Phosphor 144. Eigenschaften des Phosphors. Allotropie des Phosphors 145.

Versuche mit Phosphor 145

Phosphorlösung 145. Entzündung des Phosphors durch Reibung. Unvollständige Verbrennung des Phosphors 147. Ozon 149. Darstellung des Phosphors 150.

Phosphorwasserstoff 151

Prädisponirende Verwandtschaft 152. Verbindungsgesetz. Wasserbad 153.

Rückblick auf die Pyrogene 154

Dritte Gruppe der Nichtmetalle: Halogene 155

Chlor . 155

Bereitung von Chlor 155. Status nascens. Chlor aus Kochsalz 157.

Versuche mit Chlorgas und Chlorwasser 157

Eigenschaften des Chlors 157. Bleichkraft des Chlors 158. Desinficirende Kraft des Chlors. Chlorwasser im Licht 159. Chlor als Oxydationsmittel. Metalle und Chlor 160. Eisen ist stärker als Kupfer. Natrium und Chlor 161. Chlorstufen 162.

Jod . 163

Brom . 164

Fluor . 165

Cyan . 165

Halogene 166.

Rückblick auf die Halogene 166

Vierte Gruppe der Nichtmetalle: Hyalogene 167

Bor . 167

Kiesel oder Silicium 167

Bor und Kiesel 167.

Rückblick auf die Nichtmetalle oder Metalloïde 168

Säuren . 170

Erste Gruppe: Sauerstoffsäuren oder Verbindungen der Nichtmetalle mit Sauerstoff 170

Stickstoff und Sauerstoff 170

Seite

Salpetersäure oder Scheidewasser 170
Bereitung 170. Bestandtheile der Salpetersäure 171.
Versuche mit Salpetersäure 172
Neutralisation 172. Metalloxyde und Salpetersäure 173. Metalle und Salpetersäure. Organische Stoffe und Salpetersäure 174. Salpetersaure Salze. Verpuffung 175.

Untersalpetersäure . 175
Rauchende Salpetersäure 175.

Salpetrige Säure . 176

Stickstoffoxyd . 176

Stickstoffoxydul . 177

Kohlenstoff und Sauerstoff 178

Kohlensäure oder fixe Luft 178
Darstellung 178.

Versuche mit Kohlensäure 180
Eigenschaften der Kohlensäure. Diffusion der Kohlensäure 180. Wasser und Kohlensäure 181. Flüssige und feste Kohlensäure 182. Zersetzung der Kohlensäure 183. Bildung von Kohlensäure 184. Kreislauf des Sauerstoffs und Kohlenstoffs 185.

Kohlenoxydgas . 185

Oxalsäure . 185

Schwefel und Sauerstoff 185

Schwefelsäure oder Monothionsäure 185

Wasserfreie Schwefelsäure 186
Darstellung 186. Eigenschaften der wasserfreien Schwefelsäure 187.

Rauchende Schwefelsäure oder Vitriolöl 188

Englische Schwefelsäure 189
Darstellung im Kleinen 189. Reagens auf Schwefelsäure. Darstellung im Grossen 191. Schwefelsäurehydrat 194.

Versuche mit Schwefelsäure 195
Eigenschaften der Schwefelsäure. Verkohlung organischer Stoffe 195. Basen und Schwefelsäure 196. Metalle und Schwefelsäure. Schwefelsäure düngt 197.

Schweflige Säure oder monothionige Säure 198
Bereitung. Schweflige Säure bleicht 198. Schweflige Säure löscht Feuer aus. Vorgang 199. Schwefelsäure zerlegt durch Kohle 200.

Seite

Phosphor und Sauerstoff . 201

Phosphorsäure . 201

Bereitung aus Phosphor. Bereitung aus Knochen 201. Phosphorsäure in organischen Körpern und dem Boden 202. Isomere Modificationen der Phosphorsäure 203.

Phosphorige und unterphosphorige Säure 204

Chlor und Sauerstoff . 205

Cyan und Sauerstoff . 205

Bor und Sauerstoff . 206

Borsäure oder Boraxsäure 206

Darstellung 206. Borsäure schmilzt zu Glas 207. Löthrohr. Verdunstung der Borsäure 208.

Kiesel und Sauerstoff . 209

Kieselsäure oder Kieselerde 209

Vorkommen 209. Basen und Kieselsäure 210. Kieselsäure in Quellen und Pflanzen 211.

Rückblick auf die Sauerstoffsäuren 211

Zweite Gruppe: Wasserstoffsäuren oder Verbindungen der Halogene mit Wasserstoff 213

Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure 213

Chlorwasserstoffgas 213. Flüssige Chlorwasserstoffsäure 214. Rohe Salzsäure 215. Bildung von Chlorwasserstoffsäure 216.

Versuche mit Chlorwasserstoffsäure 217

Metalle und Chlorwasserstoffsäure. Metalloxyde und Chlorwasserstoffsäure 217. Natron und Chlorwasserstoffsäure. Reagens auf Chlorwasserstoffsäure 218.

Haloïdsalze . 218

Salpetersalzsäure oder Königswasser 220

Brom und Jod + Wasserstoff 220

Brom- und Jodwasserstoffsäure 220.

Fluorwasserstoff oder Flusssäure 221

Glasätzen 221.

Cyanwasserstoffsäure oder Blausäure 222

Blausäure 222.

Rückblick auf die Wasserstoffsäuren 222

Affinität der Metalloïde zu Sauerstoff und Wasserstoff . . 223

Dritte Gruppe. Organische Säuren 225

Weinsteinsäure oder Weinsäure 225

Seite

Weinsäure verkohlt und verbrennt 225. Weinsäure fault. Basen und Weinsäure 226. Kali und Weinsäure. Bereitung der Weinsäure 227. Bildung der organischen Säuren 228.

Oxalsäure oder Kleesäure 229

Darstellung. Zerlegung der Oxalsäure 229. Kali und Oxalsäure 230. Kalk und Oxalsäure. Eisenoxyd und Oxalsäure 231.

Essigsäure . 232

Essig 232. Bleioxyd und Essigsäure. Bereitung der Essigsäure. Eigenschaften der Essigsäure 233.

Rückblick auf die Pflanzensäuren 234

Verbindung der Säuren mit Basen und Wasser 235

Säuren und Basen 235. Säuren und Wasser 236.

Metalle . 238

I. Abtheilung. Leichte Metalle 238

Erste Gruppe. Alkalimetalle 238

Kalium . 238

Kohlensaures Kali oder Pottasche 238

Bereitung 238. Reinigung der Pottasche. Eigenschaften und Zusammensetzung der Pottasche 239. Prüfung der Pottasche 240.

Zweifach kohlensaures Kali 241

Kaliumoxyd oder Kali 241

Aetzkalilauge 241. Kalihydrat oder Aetzkali. Eigenschaften des Kalihydrats 243.

Kalium . 244

Bereitung 244. Kalium zersetzt Wasser 245.

Kalium und Schwefel 245

Schwefelleber 245. Zersetzung der Schwefelleber 246.

Chlorkalium . 247

Jod- und Bromkalium 247

Cyankalium . 248

Schwefelsaures Kali 248

Salpetersaures Kali oder Salpeter 249

Darstellung. Eigenschaften des Salpeters 249.

Schiesspulver . 251

Bereitung 251.

Chlorsaures Kali . 252

Bereitung. Eigenschaften 252. Zündhölzchen 253.

Kieselsaures Kali 254

Saures weinsaures Kali oder Weinstein 255

Seite

Neutrales weinsaures Kali 255
Saures oxalsaures Kali oder Kleesalz 256
Erkennung der Kaliumsalze 256
Kaliumsalze als Düngemittel 257

Natrium . 258
Chlornatrium oder Kochsalz 258
Eigenschaften 258. Vorkommen des Kochsalzes 259. Kochsalz in Thieren und Pflanzen 260.
Schwefelsaures Natron oder Glaubersalz 261
Verhalten gegen Luft und Hitze 261. Verhalten gegen Wasser 262.
Schwefelnatrium . 263
Kohlensaures Natron oder Soda 264
Bereitung im Kleinen 264. Sodabereitung im Grossen 265. Krystallisirte und calcinirte Soda 266.
Zweifach kohlensaures Natron 267
Natriumoxyd oder Natron 268
Natrium . 268
Rückblick 268.
Dreibasisch-phosphorsaures Natron 269
Zweibasisch phosphorsaures Natron 269
Salpetersaures Natron 270
Borsaures Natron oder Borax 271
Löthen mit Borax 271.
Kieselsaures Natron 272
Glasbereitung . 273
Erkennung der Natriumverbindungen 274
Systematische Zusammenstellung der Kalium- und Natriumverbindungen . 275

Lithium . 276

Caesium und Rubidium 276

Ammonium . 276
Ammoniak . 277
Ammoniak aus seinen Elementen 277. Bestandtheile des Ammoniaks 278. Ammoniak aus thierischen Stoffen 279.
Chlorammonium, salzsaures Ammoniak oder Salmiak 281
Bereitung 281. Eigenschaften 282.
Schwefelsaures Ammon oder Ammoniak 283
Kohlensaures Ammon oder Ammoniak 283
Flüssiges Ammon oder Ammoniak 284
Schwefelammonium oder Schwefelwasserstoffammoniak . . . 285
Ammoniak, Fäulniss und Verwesung 286
Ammoniakbildung bei der Fäulniss 286. Verhalten des Ammoniaks bei der Verwesung 287.

Seite
Ammoniak und Pflanzenwachsthum 288
Ammoniak als Düngemittel 288.
Rückblick auf die Alkalimetalle 289

Zweite Gruppe. Erdalkalimetalle 291

Calcium . 291
Kohlensaurer Kalk . 291
Hartes Wasser 292.
Calciumoxyd, Aetzkalk oder gebrannter Kalk 293
Kalkbrennen 293. Aetzkalk. Kalkhydrat 295.
Kalk als Mörtel . 296
Luftmörtel 296.
Kalk als Düngemittel 297
Calcium . 298
Chlorcalcium . 299
Krystallisirtes 299.
Fluorcalcium . 300
Schwefelsaurer Kalk oder Gyps 300
Vorkommen 300. Gebrannter Gyps 301. Gyps als Düngemittel. Schwefelcalcium 302.
Phosphorsaurer Kalk 303
Salpetersaurer Kalk 304
Unterchlorigsaurer Kalk oder Chlorkalk 304
Bereitung 304. Chlorkalk bleicht, desinficirt etc. 306.
Kieselsaurer Kalk . 307
Systematische Zusammenstellung der Calciumverbindungen . 307

Barium und Strontium 307
Bariumsalze . 308
Chlorbarium 308.
Strontiumsalze . 309

Magnesium . 310
Magnesiummetall 310.
Magnesiumoxyd . 310
Chlormagnesium . 311
Schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz 312
Weisse oder kohlensaure Magnesia 313
Rückblick auf die Erdalkalimetalle 314

Dritte Gruppe. Erdmetalle 314

Aluminium . 314
Aluminiumoxyd . 315
Thonerdehydrat 315. Thonerde 316.

Seite

Schwefelsaure Thonerde 317
Schwefelsaure Kali-Thonerde oder Alaun 318
Bereitung 318. Eigenschaften 319. Isomorphie 320.
Kieselsaure Thonerde . 321
Thon und Lehm . 322
Thon ist plastisch und wasserdicht 322. Saugkraft des Thons 323.
Gebrannte Thonwaaren 325
Lasursteinblau . 326
Zusammensetzung und Prüfung der Ackererden 326
Hauptgemengtheile der Ackererden 326. Prüfung durch Schlämmen 327. Schlämmapparat 329. Wasserhaltende Kraft des Bodens. Absorptionskraft des Bodens 330. Prüfung auf Kalk- und Talkerde 331.
Andere Erdmetalle . 332
Rückblick auf die Erdmetalle 333
Rückblick auf die bisher betrachteten (leichten) Metalle . . . 333
Chemische Verbindungsgesetze 334
Eintheilung der chemischen Verbindungen 334. Aequivalentgewichte 336. Verbindungs- oder Aequivalentgewichte zusammengesetzter Körper 338. Gesetz der multiplen Proportionen 339. Gesetz der einfachen Gasvolume 341.

Metalle . 343
II. Abtheilung. Schwere Metalle 343
I. Eisengruppe . 343
Eisen . 343
Eisenoxyde und Eisenerze 344
Eisenoxyduloxyd . 345
Hammerschlag 345.
Eisenoxyd . 346
Eisenoxydhydrat oder Eisenrost 347
Eisen und Wasser 347.
Kohlensaures Eisenoxydul 348
Stahlwasser 348.
Eisensäure . 349
Gusseisen oder Roheisen 349
Darstellung 349. Hohofen 350. Eigenschaften des Gusseisens 352.
Schmiedeeisen oder Stabeisen 353
Eigenschaften 353. Darstellung des Schmiedeeisens 354.
Stahl . 356
Eigenschaften 356. Darstellung des Stahls 357.

Seite

Feinzertheiltes Eisen 358
Reduction durch Wasserstoff 358.

Eisen und Schwefel . 359

Eisen und Säuren . 360
Schwefelsaures Eisenoxydul oder Eisenvitriol 361
Schwefelsaures Eisenoxyd 362
Hydrate der Eisenoxyde 363
Eisen und Salpetersäure 365
Eisen und Phosphorsäure 365
Phosphorsaures Eisenoxydul 365.
Gerbsaures Eisenoxyd 366
Essigsaures Eisenoxyd 367
Eisen + Chlor und Jod 367
Eisenchlorür 367.
Eisen und Cyan . 368
Eisencyanürcyanid oder Berlinerblau 368
Kaliumeisencyanür (Ferrocyankalium) oder gelbes Blutlaugensalz. Bereitung 369
Versuche mit Blutlaugensalz 371
Eisenoxydsalze und Blutlaugensalz 371.
Kaliumeisencyanid (Ferridcyankalium) oder rothes Blutlaugensalz . 372

Mangan . 373
Manganüberoxyd oder Braunstein 373

Mangan und Sauerstoff 375
Das Manganmetall 375.
Manganoxydul und dessen Salze 376
Braunstein und Schwefelsäure 376.
Schwefelmangan . 377
Mangansäure . 378
Uebermangansäure 378
Rothes Chamäleon 378

Cer, Lanthan, Didym 379

Kobalt und Nickel . 380
Kobaltverbindungen 381
Smalte oder Kobaltglas 381.
Nickelverbindungen 382
Neusilber oder Argentan 382.

Uran . 383

Zink . 383
Zinkoxyd . 384
Schmelzen des Zinks 384.

Seite

Lösliche Zinksalze . 386
Verdünnte Säuren 386.
Kohlensaures Zinkoxyd 387
Basisches 387.
Schwefelzink . 388
Darstellung von Zink 388.

Cadmium . 389

Indium und Thallium 389
Indium 389. Thallium 390.
Rückblick auf die Metalle der Eisengruppe 390

II. Silbergruppe . 391

Blei, Plumbum . 391
Bleioxyd oder Bleiglätte 392
Blei in der Hitze 392.
Bleioxydhydrat . 393
Blei und Wasser 393.
Bleioxyd-Ueberoxyd oder Mennige 394
Bleiüberoxyd . 394

Blei und Säuren . 395
Essigsaures Bleioxyd oder Bleizucker 395
Andere lösliche Bleisalze 396
Kohlensaures Bleioxyd oder Bleiweiss 397
Andere unlösliche Bleisalze 399
Schwefelsaures Bleioxyd 399.

Blei und Schwefel 400
Darstellung von Blei 400
Bleiarbeit 400. Niederschlagarbeit 401.
Nasse Bleireduction 401

Kupfer, Cuprum . 402
Kupferoxydul . 403
Kupferoxyd . 404
Kupferoxydhydrat 405

Kupfer und Säuren 406
Schwefelsaures Kupferoxyd oder Kupfervitriol 406
Salpetersaures Kupferoxyd 407
Kupfer und Salpetersäure 407
Kohlensaures Kupferoxyd 408
Essigsaures Kupferoxyd oder Grünspan 409
Weitere Kupfersalze 410
Kupferchlorid 410.
Kupfer und Schwefel 410
Einfach-Schwefelkupfer 410.

Seite

Darstellung von Kupfer 411
Aus schwefelhaltigen Erzen 411.
Nasse Reductionsproben 412
Reduction durch Zink 412. Reduction durch Wasserstoff. Reduction durch Galvanismus 413.
Kupferlegirungen 415

Quecksilber . 415
Quecksilber und Säuren 417
Salpetersaures Quecksilberoxydul 417
Quecksilberoxydul 418
Quecksilberchlorür oder Calomel 418
Salpetersaures Quecksilberoxyd 419
Quecksilberoxyd oder rother Präcipitat 420
Quecksilberchlorid oder Aetzsublimat 420
Quecksilbersalze und Ammoniak 421
Weitere Quecksilbersalze 421

Quecksilber und Schwefel 422
Schwefelquecksilber 422.
Darstellung des Quecksilbers 423
Nasse Reductionsprobe 423
Quecksilberlegirungen oder Amalgame 424

Silber . 424
Salpetersaures Silberoxyd 425
Silber + Chlor, Jod, Brom 426
Chlorsilber 426.

Silber und Schwefel 428
Darstellung von Silber 428
Nasse oder volumetrische Silberprobe 430
Maassanalyse oder Titrirmethode 430.
Silberlegirungen 431
Kupfer und Silber 431.
Rückblick auf die Metalle der Silbergruppe 432

III. Platingruppe 432
Gold . 432
Goldchlorid . 433
Weitere Goldverbindungen 434
Darstellung und Scheidung von Gold 435
Goldlegirungen . 436
Vergoldung und Versilberung 436

Platin . 438
Platinverbindungen 439
Platinchlorid 439.
Feinzertheiltes Platin 440
Platinschwamm 440.

Seite
Iridium, Osmium, Ruthenium, Palladium und Rhodium . . 441
Rückblick auf die Metalle der Platingruppe 442

IV. Chromgruppe . 443
Zinn . 443
Zinnsäureanhydrid, sonst Zinnoxyd 444
Zinnsäurehydrat, sonst Zinnoxydhydrat 445
Zinnoxydul . 446
Zinn und Chlor . 447
Zinnchlorür. Zinnchlorid 447.
Zinn und Schwefel . 448
Einfach-Schwefelzinn oder Zinnsulfuret. Zweifach-Schwefelzinn oder Zinnsulfid 448.
Darstellung des Zinns 449
Loth 449.
Verzinnung . 450

Titan, Tantal, Niob . 451

Wismuth . 451
Wismuthoxyd . 452
Wismuthsalze . 453

Chrom . 454
Chromsaures Kali . 454
Chromsaures Bleioxyd 455
Chromsäure . 456
Chromoxyd . 458
Chromoxydhydrat . 459
Chromalaun . 459

Wolfram . 460

Molybdän . 461

Vanadin . 462

Antimon . 462
Antimonige Säure, sonst Antimonoxyd 463
Antimonsäure . 463
Antimon und Chlor . 464
Antimon- oder Brechweinstein 465
Dreifach-Schwefelantimon (Antimoniges Sulfid) 466
Fünffach-Schwefelantimon (Antimonsulfid) 467
Schwefelsalze oder Sulfosalze 468

Arsen . 468
Arsenige Säure oder weisser Arsenik 470
Benutzung der arsenigen Säure 471
Arsenigsaure Salze . 472
Arsensäure . 473

Seite
Arsen und Schwefel . 474
Reduction der Arsenverbindungen 475
Arsenwasserstoff . 475
Arsenscheidung durch Dialyse 477
Rückblick auf die Metalle der Chromgruppe 478
Rückblick auf die gesammten Metalle 479
Zusammenstellung der bekannteren chemischen Elemente . . 482
Theoretisches zu den chemischen Verbindungsgesetzen . . . 485
Molecular- oder Atomtheorie 485
Molecüle 485. Atome 487. Gewicht der Molecüle 488. Gewicht der Atome 490. Chemische Formeln 494.
Vergleichung einiger alter und neuer Formeln 495
Empirische und Constitutionsformeln 496. Typentheorie 503. Werthigkeit oder Valenz der Atome und Radicale 505. Säuren. Basen. Salze 508. Chemische Verbindungen und Zersetzungen 509.

II. Organische Chemie.

Pflanzenstoffe . 513
Pflanzenleben 513. Mikroskopische und chemische Forschungen. Nähere Bestandtheile der Pflanzen 514. Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe 515. Elementarbestandtheile der Pflanzen. Eigenthümlichkeiten des Kohlenstoffs 516. Leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe. Isomere organische Verbindungen 518. Organische Radicale und Typen. Chemische Symbole und Formeln 520.
Pflanzenfaser oder Cellulose 521
Keimen der Samen . 521
Keimen von Bohnen 521. Keimen von Gerste 522.
Verschiedenheit, Darstellung und Eigenschaften der Pflanzenfaser . 522
Verschiedenheit 522. Darstellung. Eigenschaften 523.
Holzfaser und Holzbast 524
Holzfaser 524. Holzcellulose 525. Holzbast 526.
Gespinnstfasern (Flachs und Baumwolle) 527
Flachs- oder Leinenfaser 527. Baumwolle 528.
Veränderung der Pflanzenfaser durch Schwefelsäure . . . 529
Leinwandprobe. Pergamentpapier 530.
Veränderung der Pflanzenfaser durch Salpetersäure . . . 530
Nitrocellulose oder Schiessbaumwolle 530. Collodium 532.

Seite

Veränderung der Pflanzenfaser durch Alkalien 532
Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei freiem Luftzutritt 533
Verbrennung und Elementaranalyse 533. Stickstoffbestimmung 534.
Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei gehindertem Luftzutritt 534
Unvollständige Verbrennung des Holzes 534. Holzessig und Kreosot 536. Holzgeist oder Methylalkohol. Holztheer 537.
Unvollständige Verbrennung der Steinkohlen 538
Steinkohlentheer 538. Benzol oder Benzin. Anilin, Phenylamin oder Amidobenzol 540. Anthracen und Alizarin. Phenol, Phenylalkohol oder Carbolsäure 541.
Unvollständige Verbrennung von Torf, Braunkohle, Blätterschiefer etc. 542
Petroleum, Bergtheer, Asphalt etc. 543
Veränderung der Pflanzenfaser durch Verwesung 544
Verwesung der Pflanzenfaser 544. Humus 545. Humussäuren 547.
Veränderung der Pflanzenfaser durch Fäulniss 547
Fäulniss. Torf und Moor 549. Säuerlinge. Braun- und Steinkohle 550. Bildung der Stein- und Braunkohle 551. Faules, weisses Holz. Conservirung des Holzes 552.

Stärke oder Amylum 553
Vorkommen 553.
Kartoffeln und Kartoffelstärke. Bereitung 553
Erbsen und Erbsenstärke. Bereitung 555
Weizenmehl und Weizenstärke. Bereitung 557
Kohlenhydrate und Proteïnstoffe 558.
Verhalten der Stärke gegen Wasser und Jod 559
Stärkekleister 559. Stärke und Jod 560.
Veränderung der Stärke durch Röstung und Säuren . . . 560
Geröstete Stärke 560. Stärkegummi 561. Stärkezucker. Katalyse oder Contactwirkung 562.
Veränderung der Stärke durch Malz 563
Malz und Diastas 563. Maischprocess 564.
Veränderung der Stärke durch den Vegetationsprocess . . 564
Keimen der Gerste 564. Keimen der Kartoffeln. Reifen der Früchte 565.
Lichenin, Inulin und Glycogen 566

Dextrin und Gummi 566
Dextrin oder Dextringummi 566. Gummi arabicum 567.

Pflanzenschleim 568

Anhang. Pectin oder Pflanzengallert 569

Seite
Zucker . 570
Traubenzucker, Krümelzucker oder Glycose 570
Eigenschaften des Traubenzuckers 571.
Rohrzucker oder Rübenzucker 572
Candiszucker 573.
Unterscheidung des Rohr- und Krümelzuckers und Zuckerbestimmung . 573
Unterscheidung des Rohrzuckers vom Krümelzucker 573. Zuckerbestimmung durch Titriren 574.
Veränderungen des Zuckers 575
Veränderung durch Hitze 575. Veränderung durch Säuren 576. Veränderung durch Basen 577.
Schleimzucker oder Syrupzucker 577
Milchzucker . 578
Zuckerähnliche Pflanzenbestandtheile 578
Mannit 578.
Rückblick auf die bisher betrachteten Pflanzenstoffe . . 579

Eiweissartige Stoffe oder Proteïnstoffe 581
Proteïnstoffe 581. Schwefel der Proteïnstoffe 582. Proteïnstoffe als Nahrungsmittel 583.
Veränderung der Proteïnstoffe durch Fäulniss und Verwesung . 583
Fäulniss oder Ammoniakbildung 583. Verwesung oder Salpeterbildung 584. Ursachen der Fäulniss und Verwesung 585.
Rückblick auf die Proteïnstoffe 586

Verwandlung des Zuckers in Weingeist 587
Gährung von Honig 587. Veränderung des Zuckers durch Gährung 588.
Wein . 590
Verschiedenheit der Weine. Spiritus aus Wein 591.
Bier. Bereitung . 592
Obergährung und Oberhefe 593. Untergährung und Unterhefe. Vergleichung der Ober- und Untergährung 594. Bestandtheile der Biere 595.
Branntwein. Bereitung 596
Einfache Rectification 596. Doppelte Rectification 597. Rectification durch partielle Abkühlung 598. Phlegma und Fuselöl 600. Arrak und Rum. Geistige Getränke 601.
Aethylalkohol oder Weingeist 601
Wasserfreier oder absoluter Weingeist 601. Eigenschaften des Alkohols 602. Weingeist und Wasser 603. Benutzung des Weingeistes 605.

Verwandlung des Weingeistes in Aether 606
Aethyläther oder Aethyloxyd 606

Seite

Aethylschwefelsäure 606. Aether oder Aethyloxyd 607. Erklärung der Aetherbildung 608. Eigenschaften des Aethers 610.

Zusammengesetzte Aetherarten 611

Die Atomgruppe C_4H_5 611.

Anderweite Aethylverbindungen 613

Aethylamine 614.

Verwandlung des Weingeistes in Aethylen 614

Aethylenalkohol, Aethylenäther etc. 616.

Verwandlung des Weingeistes in Essig 617

Essig aus Branntwein etc. 617. Essig aus Stärke, Zucker etc. Beschleunigung der Essigbildung 618. Schnellessigfabrikation 619. Bildung von Essigsäure durch Platinschwarz 620. Erklärung der Essigbildung. Aldehyd 621. Acetylsäure 623. Eigenschaften des Essigs 624. Verfälschung des Essigs. Chloressigsäuren und Chloral 625.

Verwandlung des Zuckers in Milchsäure und Buttersäure . . 627

Milchsäure 627. Buttersäure 628.

Bildung von Weingeist, Essigsäure und Milchsäure beim Brotbacken . 629

Mehl 629. Brot 630. Künstliche Gährmittel 631.

Methylalkohol oder Holzgeist 632

Chloroform 633. Ameisensäure 634.

Amylalkohol oder Fuselgeist 635

Anderweite Alkohole 636

Vergleichende Zusammenstellung der Alkoholradicale und Alkohole . 637

Vergleichende Zusammenstellung der den Alkoholen zugehörigen Säuren 638

Rückblick auf die Veränderungen des Zuckers und Weingeistes . 640

Fette und fette Oele 642

Oel, Schmalz, Talg 642.

Eigenschaften der Fette 643

Fette sind nicht flüchtig 643. Fette und Wasser. Emulsion 644. Firnissöle und Schmieröle 645.

Veränderung der Fette durch Hitze 646

Fette in der Hitze 646. Fette als Beleuchtungsmittel. Auslöschen brennender Fette 647. Brenzliche Fette 648.

Nähere Bestandtheile der Fette 648

Palmitin 648. Stearin 649. Oleïn oder Elaïn 650.

Bekanntere Pflanzenfette 650

Firnissöle 650. Schmieröle 651.

Seite
Bekanntere Thierfette 653
Rindstalg 653.
Wallrath und Wachs 654
Wallrath. Wachs 654.
Bildung von Seifen und Pflastern aus Fetten 655
Natronseife aus Talg 655. Kaliseife 656. Process der Seifenbildung 657. Wirkung des Kochsalzes 658.
Eigenschaften der Seifen 659
Waschen mit Seife. Talgseife und Weingeist 659. Unlösliche Seifen 660.
Entferntere Bestandtheile der Fette 661
Fettsäuren . 661
Abscheidung der Fettsäuren. Stearinsäure 661. Palmitinsäure. Oleïnsäure 662.
Glycerin, Propenylalkohol oder Oelsüss 663
Acroleïn 664. Nitroglycerin, Trinitrin oder Sprengöl. Glycerin, eine Alkoholart 665.

Flüchtige oder ätherische Oele 666
Gewinnung von Terpentinöl 666. Gewinnung von Kümmelöl 667. Vorkommen der flüchtigen Oele 668.
Bekanntere flüchtige Oele 668
Gährungsöle. Brenzliche Oele 671.
Nähere Bestandtheile der flüchtigen Oele 672
Elementarbestandtheile der flüchtigen Oele 672
Eigenschaften der flüchtigen Oele 673
Verdunstung. Kochen 673. Brennbarkeit 674. Flüchtige Oele und Wasser. Flüchtige Oele und Weingeist 675. Flüchtige Oele und Fette. Oelzucker 676. Flüchtige Oele und Jod. Verharzen der flüchtigen Oele 677. Geruch der flüchtigen Oele 678.

Terpentine, Harze und Gummiharze 678
Terpentine und Balsame 678
Terpentine 678. Balsame 679.
Harze . 680
Harzgewinnung 680. Harzgewinnung durch Auflösen. Zusammensetzung der Harze 681.
Verschiedene Arten von Harzen 682
Bekanntere Harze 682. Erdharze und Brandharze 684.
Eigenschaften und Benutzung der Harze 685
Harze an der Luft. Harze und Wasser 685. Harze in der Wärme 686. Verbrennen der Harze 687. Electrophor. Harze und Weingeist 688. Harze und Oele 689. Harzseife 690.
Gummiharze oder Schleimharze 691
Milchsäfte 691. Eigenschaften der Gummiharze 692.
Kautschuk (Gummi elasticum) und Gutta percha 693

Seite

Kautschuk 693. Vulkanisirtes Kautschuk. Gutta percha 695.
Rückblick auf die Fette, flüchtigen Oele und Harze 696

Glycoside und Bitterstoffe . 698

Extracte 698. Extractivstoffe 699. Isolirte Extractivstoffe 700.
Glycoside . 701
Gerbsäuren oder Gerbstoffe 703
Gerbsäuren. Gallusgerbsäure oder Tannin 703. Gallussäure. Gerbmaterialien 704.
Bitterstoffe . 705

Farbstoffe oder Pigmente 707

Rothe und violette Farbmaterialien 707
Gelbe Farbmaterialien 710
Grüne Farbmaterialien 711
Blattgrün oder Chlorophyll 711.
Blaue Farbmaterialien 712
Indigo 712.
Versuche mit Farbstoffen 714
In Weingeist lösliche Farbstoffe 714.

Natürliche Pflanzenbasen oder Alkaloïde 716

Eigenschaften 716. Vorkommen und Darstellung. Darstellung der Alkaloïde 717.
Nichtflüchtige Pflanzenbasen 718
Opiumbasen 718. Chinabasen. Strychnosbasen 719.
Flüchtige Pflanzenbasen 721
Künstliche organische Basen 722
Rückblick auf die Glycoside, Bitter- und Farbstoffe und Pflanzenbasen . 723

Organische Säuren . 724

Gruppe der aromatischen Säuren 727
Benzoësäure 727.
Neuere Constitutionsformeln der bekannteren organischen Säuren . 729
Schlussbemerkungen über die Constitutionsformeln 730

Unorganische Bestandtheile der Pflanzen 732

Holz-, Torf- und Steinkohlenasche 732. Pflanzenaschen 733. Bestandtheile der Pflanzenaschen 734. Bedeutung der Aschenbestandtheile 736. Ackererde oder Ackerkrume 736.

Ernährung und Wachsthum der Pflanzen 738

Aufnahme der Nährmittel 739
Wasser als Nährmittel 741

Seite
Kohlensäure als Nährmittel 742
Bildung stickstofffreier Pflanzenstoffe 743.
Ammoniak und Salpetersäure als Nährmittel 744
Bildung stickstoffhaltiger Pflanzenstoffe 744.
Mineralstoffe als Nährmittel 745
Erhöhung des Pflanzenwachsthums 746
Düngung 746. Organische Stoffe als Düngemittel 747. Unorganische Stoffe als Düngemittel 748.
Rückblick auf die Pflanzenstoffe überhaupt 749

Thierstoffe . 755
Thierleben 755. Nähere Bestandtheile der Thiere. Elementarbestandtheile der Thiere 756.

Das Ei . 757
Eiweiss 757. Eidotter. Eischale 658.

Die Milch . 759
Abscheidung der Fettkügelchen aus der Milch 759. Caseïn in der Milch 760. Fettkäse und Milchzucker. Milchrahm 761. Butter. Freiwilliges Gerinnen der Milch 763. Fäulniss des Caseïns 764. Gährung der Milch 765.

Die Nahrungsmittel und die Verdauung 765
Elemente des Thierkörpers 765. Nahrungsmittel Stickstoffhaltige Nährstoffe oder Proteïnstoffe 766. Stickstofffreie Nährstoffe 767. Unorganische Nährstoffe 769.
Die Verdauung . 769
Aufsaugung. Endosmose 770.

Das Blut . 772
Blutkörperchen. Blutkuchen und Blutwasser 772. Blutfibrin 773. Hämaglobin und Hämatin. Unorganische Blutbestandtheile 774. Lymphe 775.

Die Athmung oder Respiration 775
Veränderung des Blutes beim Athmen 775. Respirationsmittel 776.

Das Muskelgewebe . 777
Fleischflüssigkeit oder Fleischsaft 779. Muskelfaser. Kochen des Fleisches 780. Bereitung von Fleischbrühe 781. Einpöckeln und Räuchern von Fleisch 782.

Die Galle . 782
Pettenkofer's Gallenprobe 783.

Das Binde- und Knorpelgewebe 784
Bindegewebe oder Zellgewebe 784. Haut des Thierkörpers 785. Glutin oder Knochenleim Glutin und Gerbsäure 786. Zersetzung des Glutins 787. Knorpelgewebe 788.

Seite

Verwandlung der Haut in Leder 788
Lohgahres Leder 788. Weissgahres Leder 789.

Die hornartigen Gewebe 789
Wolle und Seide 790. Chitin 792.

Das Knochengewebe 792
Knochen 792. Verbrennung der Knochen Verkohlung der Knochen 794. Knochenkohle und Salzsäure. Knochenknorpel 795. Knochenmehl 796.

Die festen und flüssigen Excremente 797
Die festen Excremente 797
Die flüssigen Excremente 798
Menschenurin. Urin als Düngemittel 799.
Harnstoff oder Carbamid 800
Harnstoff 800. Zersetzungsproducte 801.
Harnsäure . 802
Zersetzungsproducte 802. Peruguano 803.
Hippursäure . 804

Rückblick auf die Thierstoffe 804

Analytischer Anhang 807
Zusammenstellung der wichtigsten Reactionserscheinungen . 819
Spectralprobe . 819
Flammenprobe . 822
Analytischer Gang zur Auffindung der wichtigeren Basen und Säuren . 825
Register . 835

Maasse, Gewichte und Münzen für das Deutsche Reich.

(Vgl. S. 13.)

I. Längenmaasse.

Die Einheit bildet das Meter oder der Stab.
$^1/_{100}$ des Meters heisst das Centimeter oder der Neuzoll.
$^1/_{1000}$ des Meters heisst das Millimeter oder der Strich.
10 Meter heissen das Dekameter oder die Kette.
1000 Meter heissen das Kilometer.
Als Entfernungsmaass dient die Meile von 7500 Metern.

II. Flächenmaasse.

Die Einheit bildet das Quadratmeter oder der Quadratstab.
100 Quadratmeter heissen das Ar.
10,000 Quadratmeter heissen das Hektar.

III. Körpermaasse.

Die Grundlage bildet das Cubikmeter oder der Cubikstab.
Die Einheit ist $^1/_{1000}$ des Cubikmeters und heisst das Liter oder die Kanne.
Das halbe Liter heisst der Schoppen.
100 Liter oder $^1/_{10}$ des Cubikmeters heisst das Hektoliter oder das Fass.
50 Liter sind ein Scheffel.

IV. Gewichte.

Die Einheit des Gewichts bildet das Kilogramm (gleich 2 Pfund). Es ist das Gewicht eines Liters destillirten Wassers bei + 4° C.

Das Kilogramm wird in 1000 Gramme getheilt mit decimalen Unterabtheilungen (Decigramm, Centigramm, Milligramm).

10 Gramme heissen das Dekagramm oder das Neuloth.

Ein halbes Kilogramm heisst das Pfund.

50 Kilogramm oder 100 Pfund heissen der Centner.

1000 Kilogramm oder 2000 Pfund heissen die Tonne.

V. Münzen.

1. Goldmünzen.

Das Mischungsverhältniss beträgt 900 Thle. Gold und 100 Thle. Kupfer.

Aus 1 Pfund feinen Goldes werden ausgebracht:

$69^3/_4$ Stück à 20 Mark; 62,775 Stücke wiegen 1 Pfund;
$139^1/_2$ Stück à 10 Mark; 125,55 Stücke wiegen 1 Pfund;
279 Stück à 5 Mark; 251,10 Stücke wiegen 1 Pfund.

2. Silbermünzen.

Das Mischungsverhältniss beträgt 900 Thle. Silber und 100 Thle. Kupfer.

Aus 1 Pfund feinen Silbers werden ausgebracht:

20 Fünfmarkstücke, resp. 50 Zweimarkstücke, resp. 100 Einmarkstücke, resp. 200 Fünfzigpfennigstücke, resp. 500 Zwanzigpfennigstücke.

90 Mark in Silbermünzen wiegen demnach 1 Pfund.

3. Nickelmünzen.

Zu ihrer Ausprägung dient eine Legirung von 75 Thln. Kupfer und 25 Thln. Nickel.

Aus 1 Pfund dieser Legirung werden ausgebracht:

125 Zehnpfennigstücke, resp. 200 Fünfpfennigstücke.

4. Kupfermünzen.

Zu ihrer Ausprägung dient eine Legirung von 95 Thln. Kupfer, 4 Thln. Zinn und 1 Thl. Zink.

Aus 1 Pfund dieser Legirung werden ausgebracht:

150 Zweipfennigstücke, resp. 250 Einpfennigstücke.

IV. Gewichte.

Die Einheit des Gewichts bildet das Kilogramm (gleich 2 Pfund).
Es ist das Gewicht eines Liters destillirten Wassers bei + 4° C.

Das Kilogramm wird in 1000 Gramme getheilt mit decimalen Unterabtheilungen (Decigramm, Centigramm, Milligramm).

10 Gramme heissen das Dekagramm oder das Neuloth.

Ein halbes Kilogramm heisst das Pfund.

50 Kilogramm oder 100 Pfund heissen der Centner.

1000 Kilogramm oder 2000 Pfund heissen die Tonne.

V. Münzen.

1. Goldmünzen.

Das Mischungsverhältniss beträgt 900 Thle. Gold und 100 Thle. Kupfer.

Aus 1 Pfund feinen Goldes werden ausgebracht:

$69\frac{3}{4}$ Stück à 20 Mark; 62,775 Stücke wiegen 1 Pfund;
$139\frac{1}{2}$ Stück à 10 Mark; 125,55 Stücke wiegen 1 Pfund;
279 Stück à 5 Mark; 251,10 Stücke wiegen 1 Pfund.

2. Silbermünzen.

Das Mischungsverhältniss beträgt 900 Thle. Silber und 100 Thle. Kupfer.

Aus 1 Pfund feinen Silbers werden ausgebracht:

20 Fünfmarkstücke, resp. 50 Zweimarkstücke, resp. 100 Einmarkstücke, resp. 200 Fünfzigpfennigstücke, resp. 500 Zwanzigpfennigstücke.

90 Mark in Silbermünzen wiegen demnach 1 Pfund.

3. Nickelmünzen.

Zu ihrer Ausprägung dient eine Legirung von 75 Thln. Kupfer und 25 Thln. Nickel.

Aus 1 Pfund dieser Legirung werden ausgebracht:

125 Zehnpfennigstücke, resp. 200 Fünfpfennigstücke.

4. Kupfermünzen.

Zu ihrer Ausprägung dient eine Legirung von 95 Thln. Kupfer, 4 Thln. Zinn und 1 Thl. Zink.

Aus 1 Pfund dieser Legirung werden ausgebracht:

150 Zweipfennigstücke, resp. 250 Einpfennigstücke.

ERSTE ABTHEILUNG.

UNORGANISCHE CHEMIE.

(Chemie der mineralischen Stoffe.)

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Chemische Vorgänge. Maass und Gewicht.

Chemische Veränderungen und Versuche.

1. Chemische Veränderungen. Jedermann weiss, dass ein Stück Eisen sich beim Ausglühen in Hammerschlag, beim Liegen in feuchter Luft oder Erde aber in Rost verwandelt; dass der ausgepresste Saft der Weintrauben nach und nach zu Wein wird und dieser wieder zu Essig; dass Holz in einem Ofen oder Oel in einer Lampe beim Verbrennen verschwindet; dass thierische und Pflanzenstoffe mit der Zeit verderben, zerfallen und endlich gleichfalls verschwinden.

Hammerschlag und Rost sind verändertes Eisen: das Eisen ist hart, zähe, grauweiss und glänzend, in der Glühhitze wird es schwarz, matt und brüchig, in feuchter Luft braungelb und pulverig. Der Wein ist veränderter Most: von dem süssen Geschmack, den der Traubensaft besass, ist an ihm nichts mehr wahrzunehmen, er schmeckt geistig und besitzt eine erwärmende und berauschende Kraft, die in dem Moste nicht vorhanden war. Der Essig ist veränderter Wein: er schmeckt und riecht sauer, statt geistig, und sein Genuss wirkt nicht mehr berauschend, sondern vielmehr kühlend und niederschlagend. Das bei der Verbrennung verschwundene Holz oder Oel müssen wir in der Luft suchen, beide Stoffe verwandeln sich beim Verbrennen in Luftarten; bei dieser Verwandlung wird zugleich Wärme und Licht erzeugt: sie erfolgt unter der Erscheinung von Feuer. Aehnlich

sind die Veränderungen, welche Pflanzen- und Thierstoffe bei längerer Aufbewahrung erleiden, sie verwandeln sich, während sie verfaulen oder verwesen, nach und nach in Luftarten, die zum Theil einen sehr unangenehmen Geruch besitzen.

Solche Vorgänge, bei welchen, oft unter Erwärmung oder Feuererscheinung, das Gewicht, die Form, die Festigkeit, die Farbe, der Geschmack, der Geruch und die Wirkung der Körper verändert werden, so dass aus ihnen neue Körper mit ganz neuen Eigenschaften entstehen, nennt man chemische Vorgänge oder chemische Processe.

2. Allgemeinheit der chemischen Vorgänge. Wohin wir nur blicken auf unserer Erde, überall gewahren wir chemische Processe, auf dem Festlande, in der Luft, wie in der Tiefe des Meeres. Der starre Basalt, die glasartige Lava, sie werden nach und nach mürbe, ihre dunkle Farbe geht in eine hellere über, sie zerfallen zu kleinen und immer kleineren Brocken, sie werden endlich zu Erde. Eine Kartoffel, in die Erde gelegt, wird weich, ihr zuvor mehliger Geschmack süss, endlich faulig. Der Keim, der daraus im finsteren Keller zu einem zarten, krankhaft-blassen Schösslinge emportreibt, wächst am Lichte zu einer kräftigen, festen grünen Pflanze heran. Diese saugt aus der feuchten Erde und der Luft ihre Nahrung ein und setzt aus den Bestandtheilen derselben neue Körper zusammen, die vorher weder in der Erde noch in dem Wasser oder der Luft zu finden waren. Ein feines Netzwerk von Zellen und Röhren durchzieht die ganze Pflanze und verleiht ihr Festigkeit, wir nennen sie Pflanzenfaser oder angehendes Holz; in dem Safte, welcher in diesen Zellen auf- und absteigt, finden wir Eiweiss und andere schleimige Stoffe; in den Blättern und dem Stengel einen grünen Farbstoff, das Blattgrün; in den reifen Knollen einen mehligen Körper, die Stärke. Alle diese Stoffe sind unschädlich für die Gesundheit. Wachsen die Kartoffeln dagegen im Dunkeln und ohne Erde, z. B. im Keller, so erzeugt sich in ihren langen, blassen Trieben ein verdächtiger Körper, das Solanin.

Die Knollen der Kartoffelpflanze bilden eins unserer wichtigsten Nahrungsmittel. Das darin enthaltene Stärkemehl lässt sich in Wasser nicht auflösen, im Magen aber erfährt es sehr schnell eine solche Veränderung, dass es aufgelöst oder verdaut und so-

dann als Flüssigkeit dem Blute zugeführt werden kann. Das Blut trifft in den Lungen mit der eingeathmeten Luft zusammen; dabei verändert das Blut seine Farbe, dabei verändert die Luft ihre Beschaffenheit, dabei entwickelt sich die Wärme, die wir in unserem Körper fühlen etc. Wir müssen aus diesen Veränderungen schliessen, dass auch in unserem Körper chemische Processe stattfinden.

3. Lebenskraft und chemische Vorgänge. So lange eine Pflanze oder ein Thier lebt, stehen die chemischen Processe unter der Vormundschaft einer höheren, geheimnissvollen Gewalt, die man Lebenskraft nennt, und werden von dieser gezwungen, die Stoffe zum Bau der Pflanzen- und Thierkörper zu liefern. Die Lebenskraft ist gleichsam der Baumeister, welcher den Riss macht zum Gebäude, und darauf sieht, dass die erforderlichen Materialien durch die chemischen Processe angeschafft und nach seinem Willen verarbeitet werden. Hierbei entstehen zahllose neue Körper, die wir künstlich nachzubilden nicht im Stande sind, z. B. Holz, Zucker, Stärke, Fett, Leim, Fleisch etc. Man nennt sie organische Verbindungen oder Pflanzen- und Thierstoffe, im Gegensatz zu den unorganischen oder Mineralkörpern, welche wir aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen, also künstlich nachbilden können. Hört aber das Leben in einer Pflanze oder einem Thiere auf, so erlangen die chemischen Processe die Oberhand, und sie allein sind es, welche, als die Todtengräber der Natur, die alte Wahrheit in Erfüllung gehen lassen: „Was von der Erde ist, soll wieder zur Erde werden." Die Blätter der Kartoffelpflanze werden gelb, endlich braun, sie fallen ab und verwandeln sich nach und nach in eine dunkle pulverige Masse (Humus); ja im Laufe der Zeit verschwindet auch diese vollständig, bis auf ein wenig Asche, welche nicht mit flüchtig werden konnte. Was hier in Jahren geschieht, erfolgt in Minuten, wenn wir die trocknen Blätter ins Feuer werfen. Der chemische Vorgang ist in beiden Fällen ein ganz ähnlicher, die Zeit nur ist verschieden, in welcher derselbe vollendet wird: er geht rasch vor sich, als Verbrennung, bei starker Wärme; dagegen langsam, als Verwesung, bei geringer Wärme. Was uns Vernichtung scheint, ist aber nur Verwandlung. Die bei der Verbrennung oder Verwesung nicht vernichteten, sondern nur un-

sichtbar gewordenen Stoffe finden wir, in anderer Form, genau ihrem Gewichte nach in der Luft wieder; aus dieser werden sie durch die in den lebenden Pflanzen vorkommenden chemischen Processe wieder zur Erde herabgezogen.

4. Wichtigkeit der chemischen Kenntnisse. Sehen wir hieraus, wie die unergründliche göttliche Allmacht sich die chemischen Processe zu Dienern bestellte, um durch sie den ewigen Wechsel hervorzubringen, den wir tagtäglich um uns her in der Natur gewahren, und um durch sie ununterbrochen aus dem Tode immer wieder neues Leben hervorzurufen: so wird es von selbst einleuchten, wie bildend und belehrend für jeden denkenden Menschen die Wissenschaft sein muss, die ihm diesen Wechsel erklärt und eine genauere Einsicht in die Wunder der Schöpfung gestattet. Diese tiefere Einsicht wird den menschlichen Geist nicht nur zu höherer Ausbildung und Vervollkommnung führen, sondern sie muss ihn zugleich mit grösserer Bewunderung und inniger Verehrung gegen den erfüllen, der in diesen Wundern uns seine unerforschliche Allmacht und Weisheit offenbart.

Das Interesse an dem chemischen Wissen wird aber auch noch von einer anderen Seite her auf eine mächtige Weise angeregt, durch die nützliche Anwendung nämlich, welche wir von demselben im Leben machen können. Die Chemie lehrt dem Apotheker: Arzneimittel darzustellen; sie lehrt dem Arzte: mit diesen Arzneimitteln Krankheiten zu vertreiben; sie zeigt dem Bergmanne nicht nur die in Gesteinen versteckten Metalle, sondern sie hilft sie ihm auch ausschmelzen und verarbeiten. Chemie, im Bunde mit der Physik, ist vorzugsweise der Hebel gewesen, durch welchen so viele Künste und Gewerbe innerhalb der letztverflossenen Jahrzehnte zu einer so ausserordentlichen Ausbildung gebracht wurden; durch sie sind uns zahllose Bequemlichkeiten des Lebens dargeboten worden, die unsere Aeltern noch entbehren mussten. Dass sie der Landwirth auch als eine unentbehrliche Hausfreundin anzusehen hat, ist selbstverständlich; ist sie es doch allein, welche ihm die Bestandtheile seines Ackerlandes anzeigt, welche ihn bekannt macht mit den Nahrungsmitteln der Pflanzen, die er auf diesem Lande erbauen will, und mit den Mitteln, durch welche er die Fruchtbarkeit seiner Felder zu erhöhen vermag.

5. Chemische Kraft oder Verwandtschaft. Glüht man ein Stück Eisen so lange, bis sich eine starke Rinde von Hammerschlag um dasselbe gebildet hat, und wägt es vor- und nachher, so wird man finden, dass es an Gewicht zugenommen hat: es muss also aus der Luft etwas Wägbares zu demselben getreten sein. Dieses Wägbare ist eine Luftart, die man Sauerstoff nennt; durch ihre Vereinigung mit dem Eisen wird sie fest, man ist aber im Stande, ihr durch andere chemische Processe die Luftform wieder zu geben. Lässt man den Hammerschlag an feuchter Luft längere Zeit liegen, so wird er allmälig zu Rost und wiegt nun abermals mehr als vorher: er hat Wasser und noch etwas Sauerstoff aus der Luft angezogen und sich damit verbunden. Der Hammerschlag besteht demnach aus Eisen und Sauerstoff, der Rost aus Eisen, Sauerstoff und Wasser, welche sich aufs Innigste mit einander vereinigt, welche sich chemisch verbunden haben. Als die Ursache dieser Vereinigung, wie aller chemischen Veränderungen überhaupt, sieht man eine eigenthümliche Kraft an, welche man chemische Kraft oder Verwandtschaft, auch Affinität, genannt hat, und man sagt von Körpern, welche die Fähigkeit besitzen, sich mit einander zu vereinigen: sie haben Verwandtschaft zu einander. Eisen hat sonach in der Glühhitze Verwandtschaft zum Sauerstoff der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur aber auch noch zum Wasser. Ein Ducaten verändert weder seine Farbe noch sein Gewicht, man mag ihn glühen oder an feuchter Luft liegen lassen; wir schliessen daraus, dass das Gold zum Sauerstoff und zum Wasser keine Verwandtschaft besitzt.

6. Chemische Versuche. Eine Kraft lässt sich nicht sehen oder mit Händen fassen, wir bemerken sie nur an den Wirkungen, welche sie hervorbringt. Wollen wir wissen, ob ein Feuerstahl magnetische Kraft habe, so halten wir eine Nadel an denselben und beobachten, ob dieselbe angezogen wird oder nicht; wir schliessen dann aus diesem Verhalten auf die Anwesenheit oder Abwesenheit von Magnetismus. Genau denselben Weg, den Weg durch Versuche, muss man einschlagen, um die chemischen Kräfte, die Verwandtschaften der Körper zu einander, kennen zu lernen. Jeder Versuch ist eine Frage, die man an einen Körper richtet, die Antwort darauf erhalten wir durch

eine Erscheinung, d. h. durch eine Veränderung, die wir bald durchs Gesicht oder durch den Geruch, bald durch die übrigen Sinne wahrnehmen. Oben wurde die Frage an das Eisen und Gold gestellt: ob sie Verwandtschaft haben zum Sauerstoff? Das in Hammerschlag verwandelte Eisen gab eine bejahende Antwort auf diese Frage, das unveränderliche Gold eine verneinende. Jede Veränderung, jede neue Eigenschaft, die wir an einem Körper wahrnehmen, ist ein Buchstabe in der chemischen Sprache. Um diese leicht und gründlich zu erlernen, ist es daher vor Allem für den Anfänger erspriesslich, sich im Buchstabiren, d. h. im Anstellen von Versuchen zu üben. Hierzu Anleitung zu geben, ist der Zweck dieses Werkchens, in dem vorzugsweise nur solche Versuche Platz gefunden haben, die einerseits leicht, gefahrlos und ohne grosse Kosten angestellt werden können, andererseits aber geeignet erscheinen, die chemischen Lehren und Gesetze daran zu erkennen und dem Gedächtnisse einzuprägen.

7. Analyse. Synthese. Angewandte und wissenschaftliche Chemie. Vier Hauptfragen sind es besonders, welche der Chemiker an die verschiedenen Naturkörper richtet:

a) Woraus bestehen dieselben? Hier ist ein Stück Knochen. Was wird aus diesem in einem Ofenfeuer? es wird weisser, leichter und lockerer als vorher (Knochenerde); was aber, wenn es in einem bedeckten Topfe erhitzt wird? es wird leichter und schwarz (Knochenkohle). Wie verhält sich der Knochen in kochendem Wasser oder Wasserdampf? er wird leichter und bleibt weiss, im Wasser aber ist Leim aufgelöst; wie in Salzsäure? er wird durchscheinend, die Knochenerde löst sich auf, dagegen bleibt eine knorpelige Masse zurück, die mit Wasser gekocht in Leim übergeht. Wie verhält sich der Leim im Feuer? er verkohlt in einem bedeckten Gefässe, er verbrennt und verschwindet in einem offenen. Diese wenigen Versuche zeigen, dass in den Knochen eine unverbrennliche Erde und verbrennlicher Leim enthalten sind; sie zeigen zugleich, dass es der verkohlte Leim ist, der die Knochenerde im zweiten Versuche schwarz färbt und sie zu Knochenkohle macht, dass sich Leim wohl in Wasser, nicht aber in Salzsäure auflöst u. a. m. Leim und Knochenerde nennt man die näheren Bestandtheile der Knochen; durch fortgesetzte chemische Processe lassen sich aber

diese noch weiter zerlegen, d. h. in noch einfachere Bestandtheile spalten. In der Knochenerde findet man Phosphor, ein Metall (Calcium) und Sauerstoff; im Leim ausser Kohle (Kohlenstoff) noch drei andere Körper (Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff). Diese lassen sich auf keine uns bekannte Weise ferner scheiden oder zerlegen und wir nennen sie aus diesem Grunde einfache Körper oder chemische Elemente. Man kennt ihrer bis jetzt einige sechzig, und fast jedes Jahr bringt neuen Zuwachs, der aber eben von keiner wesentlichen Bedeutung für die chemische Wissenschaft oder ihre Anwendung ist, da er aus Elementen besteht, welche nur selten vorkommen. Dieses Trennen der zusammengesetzten Körper in einfache bezeichnet man mit dem Namen: Analyse.

b) Welche Veränderungen erleiden die Körper, wenn man sie mit anderen zusammenbringt? Der aus den Knochen gewonnene Phosphor leuchtet an der Luft und verwandelt sich nach und nach in eine saure Flüssigkeit; er verbindet sich dabei mit dem Sauerstoff der Luft, was das Eisen erst in der Glühhitze thut. Unter lebhaftem Feuer erfolgt diese Verbindung, wenn man den Phosphor gelind erwärmt; auch hierbei bildet sich ein saurer Körper, der aber von dem vorigen verschieden ist. Bringt man diesen mit Kalk zusammen, so entsteht ein neuer Körper, der die grösste Aehnlichkeit mit der Knochenerde hat; er ist auch wirklich künstliche Knochenerde. Die Zahl der neuen Körper, welche durch die Vereinigung der Elemente mit einander oder mit zusammengesetzten Körpern hervorgebracht werden können, ist unendlich, ja es entstehen oft genug ganz verschiedenartige Stoffe, je nachdem man die Vereinigung in der Kälte oder Hitze, im Wasser oder in der Luft, in grösseren oder geringeren Mengen vor sich gehen lässt. Dies ist die Zusammensetzung oder Synthese.

c) Welche nützlichen Anwendungen lassen sich von den chemischen Lehren und Erfahrungen machen? Was der Chemiker gefunden, sei es ein neuer Körper, oder eine neue Eigenschaft an einem schon bekannten, oder eine neue Methode der Zusammensetzung oder Zersetzung, das theilt er dem Apotheker, dem Arzte, dem Landwirthe, dem Fabrikanten und Gewerbtreibenden mit, damit diese ihrerseits Versuche darüber anstellen, ob sich davon irgend ein Vortheil, eine Erleichterung

oder Verbesserung für die Pharmacie, die Heilkunde, die Technik oder die Landwirthschaft erzielen lasse. Der Phosphor entzündet sich von selbst bei gelinder Erwärmung: man benutzt ihn zu Reibzündhölzchen; er wirkt in den Magen gebracht giftig: er ist gegenwärtig das gebräuchlichste Mittel, um Ratten und Mäuse zu vertilgen. In den Samen der Getreidearten hat man, als nie fehlend, die Bestandtheile der Knochenerde, ebenso die des Leims gefunden; der Chemiker schliesst daraus, dass zerkleinerte Knochen ein vorzügliches Düngemittel für Getreide abgeben müssen; der Landwirth beweist dies durch die Erfahrung im Grossen. An den verkohlten Knochen entdeckte man die Eigenschaft, dass sie viele in Flüssigkeiten aufgelöste Stoffe an sich ziehen und in sich verdichten können: man benutzt sie, dieser Eigenschaft wegen, um faules Wasser wieder trinkbar zu machen; der Zuckersieder macht mit Knochenkohle braunen Syrup farblos; der Destillateur reinigt damit fusligen Branntwein u. s. w. Dies ist die angewandte oder praktische Chemie.

d) Welches sind die Ursachen der chemischen Veränderungen und nach welchen Gesetzen erfolgen dieselben? Stellt man die chemischen Versuche, wie es sein muss, mit der Wage in der Hand an, so wird man bald bemerken, dass, wenn man zwei verschiedene Körper, die sich mit einander verbinden können, zusammenbringt, bald von dem einen, bald von dem anderen etwas unverbunden bleibt. Weitere Versuche werden zeigen, wie viel sich dem Gewichte oder Maasse nach von dem einen Körper mit dem anderen vereinigen kann. Prüft man alle Körper in derselben Weise, so gelangt man endlich zu der Gewissheit, dass alle chemischen Verbindungen nur in fest bestimmten, unveränderlichen Gewichts- resp. Volummengen vor sich gehen, und dass jedem einzelnen Körper ein bestimmtes, hier grösseres, dort kleineres Gewicht oder Volumen vorgeschrieben ist, mit welchem er allemal in irgend eine Verbindung eintritt. Diese Gewissheit nennen wir ein Naturgesetz. Solcher Naturgesetze hat man schon gar viele ermittelt, und sie dienen dem Chemiker als eine sichere Richtschnur bei seinen Arbeiten, da sie sich nicht willkürlich umgehen oder abändern lassen, wie die menschlichen Gesetze. Durch sie allein gelangt man zu einer wissenschaftlichen Einsicht in die chemischen Processe, und zu der Befähigung, durch Ver-

suche richtige Fragen an die Körper zu richten und die Wahrheit der erhaltenen Antworten zu prüfen. Eine auf Naturgesetze gestützte Erklärung der chemischen Processe, die unsern Geist in den Stand setzt, sich eine Vorstellung von dem Vorgange dabei zu machen, heisst eine Theorie. So lange diese noch nicht als vollständig erwiesen und begründet angesehen werden kann, bezeichnet man sie mit dem Namen Hypothese.

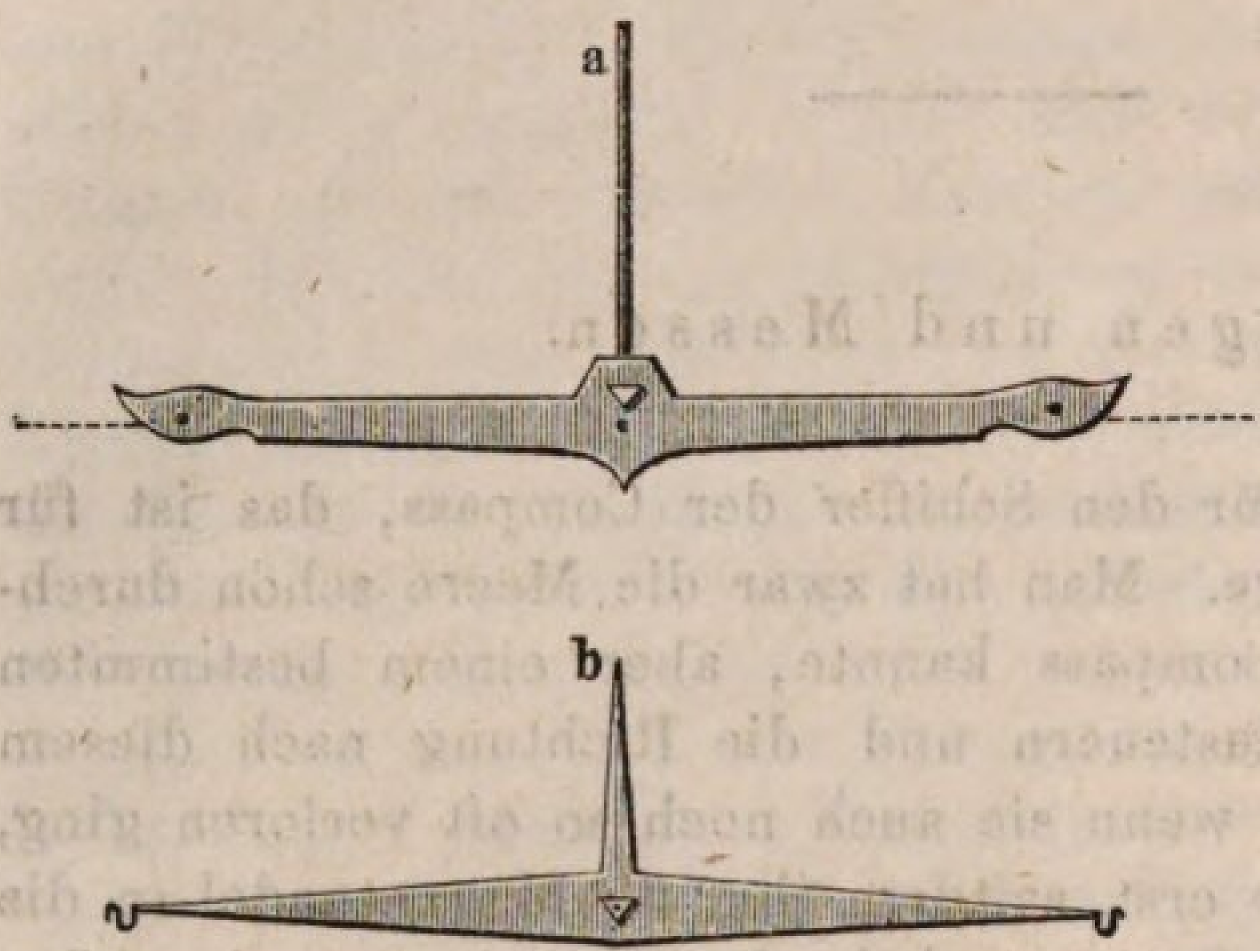
Wägen und Messen.

8. Wage. Was für den Schiffer der Compass, das ist für den Chemiker die Wage. Man hat zwar die Meere schon durchschifft, ehe man den Compass kannte, aber einem bestimmten Ziele mit Sicherheit zusteuern und die Richtung nach diesem Ziele wieder auffinden, wenn sie auch noch so oft verloren ging, das konnte der Schiffer erst, seitdem ihm die Magnetnadel in die Hand gegeben wurde. So ist auch in der Chemie erst ein sicheres Vorausbestimmen, ein planmässiges Handeln möglich geworden, seitdem man wägt. Die Wage ist ebenso die Richtschnur als der Prüfstein bei chemischen Versuchen; sie lehrt uns die wahre Zusammensetzung der Körper kennen, und zeigt uns, ob die Fragen, die wir stellen, die Antworten, die wir erhalten, oder die Schlüsse, die wir aus den letzteren ziehen, richtig sind oder falsch; es kann daher dem Anfänger nicht genug angerathen werden, selbst bei einfachen Versuchen die Wage zu Hülfe zu nehmen. Für die in diesem Werke angegebenen Versuche reicht eine einfache Wage (Tarirwage) aus, wie man sie in jeder Apotheke antrifft.

Eine solche Wage besteht aus einem gleicharmigen Hebel (Balken) von Messing, durch dessen Mitte eine stählerne, unten zugeschärfte Axe geht, die auf jeder Seite auf einer gehärteten Pfanne (Stützpunkt) ruht, so dass der Balken, an dessen Endpunkten die Schalen angehängt werden, leicht auf und nieder schwingen kann. Wichtig ist es, dass die Axe sich an der richtigen Stelle des Wagebalkens befinde, nämlich ein wenig über dem

Schwerpunkte des letzteren, wie es Fig. 1 *a* angiebt. Der Schwerpunkt lässt sich finden, wenn man den Balken mit der daran befestigten Zunge auf seiner breiten Seite auf einer Stricknadel zu balanciren versucht: er ist an der Stelle, wo sich die Spitze der Nadel befindet, wenn der Balken auf letzterer zum Stillstande gebracht ist. Ist die Axe zu tief angebracht, also unter dem Schwerpunkte, wie in Fig. 1 *b*, so muss der Balken umschlagen, wenn eine Schale stärker belastet ist, als die andere. Befindet sie sich gerade im Schwerpunkte, so kommt die Wage selbst bei einer schiefen Stellung des Balkens zur Ruhe. Ist endlich die Axe zu hoch über dem Schwerpunkte, so verliert die Wage viel von ihrer Empfindlichkeit. Den letztgedachten Fehler trifft man am häufigsten an; er kann dadurch leicht verbessert werden, dass man die Axe etwas tiefer herabsetzen lässt. Eine weitere wichtige Anforderung an eine richtig ausgeführte Wage ist, dass der Stützpunkt und die Anhängepunkte der Schalen, wie in Fig. 1 *a*, in dieselbe gerade Linie fallen.

Fig. 1.

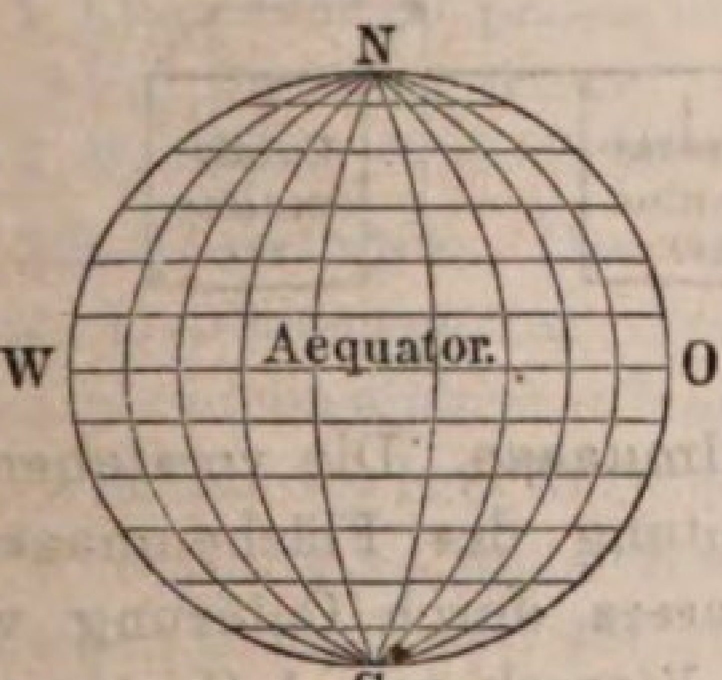


9. Metrisches oder Decimal-Maass- und Gewichtssystem. Das ausgezeichnete französische Maass- und Gewichtssystem, dessen Grundlage, das Meter, von dem Umfange unseres Erdballes hergeleitet ist, gewinnt auch in Deutschland mehr und mehr Anerkennung, denn es wird nicht nur bei allen wissenschaftlichen Untersuchungen angewandt, sondern man ist bereits bestrebt gewesen, unser Handelsmaass und Gewicht mit demselben in Einklang zu bringen, und eben geht man damit um, auch unser Medizinalgewicht danach umzugestalten. Da aus dieser Li-

neareinheit, dem Meter, auch das Flächen- und Körpermaass, ja selbst das Gewicht abgeleitet wird; da ferner alle kleineren Maasse und Gewichte durch decimale Division, alle grösseren durch decimale Multiplication gewonnen werden, so bietet dieses System eine Einfachheit, Vollständigkeit, Vergleichbarkeit und eine Bequemlichkeit beim Rechnen mit Bruchtheilen dar, wie kein anderes. Es gilt auch für die in diesem Werke vorkommenden Maasse und Gewichte.

10. Längenmaasse. Um sich auf unserer grossen Erdkugel zurecht zu finden und die Lage jedes beliebigen Ortes auf ihr genau angeben zu können, denkt man sich bekanntlich Kreise um die Erde gezogen. Die von *W* nach *O* gehenden Querkreise, von denen der Aequator der mittelste und grösste ist, heissen Parallelkreise (Breitengrade); die der „Länge" nach rings um die Erde herumlaufenden Kreise aber, die jedesmal die Pole durchschneiden, Meridiane (Längengrade). Die Parallelkreise werden nach den Polen zu immer kleiner, die Meridiane dagegen sind alle gleich gross. Der Kreis *NOSWN* stellt also einen Erdmeridian dar. Der vierte Theil dieses Kreises, oder, was dasselbe ist, der vierte Theil des durch die Axe gelegten Umfanges unserer Erde, z. B. *NO*, bildet die Grundlage für das neue Maass. Man theilte denselben nämlich in 10 Millionen Theile und nahm ein solches Theilchen, unter dem Namen Meter, als Einheit an. Durch Division mit 10, 100 und 1000 entstehen daraus die kleineren Maasse, die man mit den lateinischen Zahlwörtern Deci, Centi und Milli bezeichnet hat; durch Multiplication mit 10, 100 und 1000 aber die grösseren, mit den griechischen Zahlwörtern Deka, Hekto und Kilo bezeichneten.

Fig. 2.

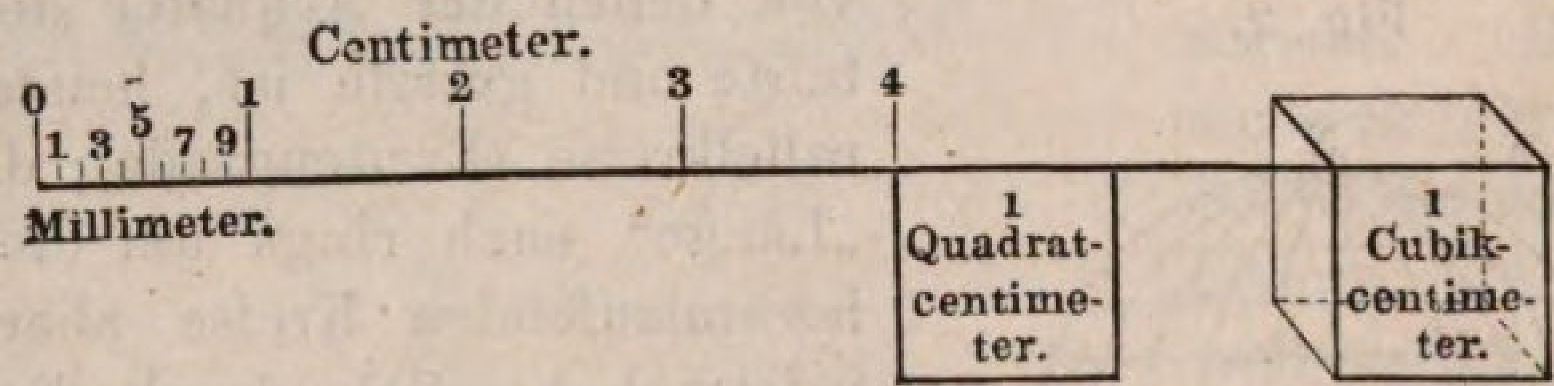


Kleinere Maasse.			Grössere Maasse.	
	Meter.			Meter.
Meter . .	$= 1^m$		Meter	$= 1^m$
Decimeter	$= 0,1^m$	oder $1/_{10}$	Dekameter	$= 10^m$
Çentimeter	$= 0,01^m$	oder $1/_{100}$	Hektometer	$= 100^m$
Millimeter	$= 0,001^m$	oder $1/_{1000}$	Kilometer	$= 1000^m$

Mit dem preussischen Maass verglichen beträgt: 1 Meter 3,186 Fuss; 1 Decimeter 3,82 Zoll; 1 Centimeter 4,6 Linien; 1 Kilometer 0,133 Meile.

Die nachstehende Figur giebt die Länge eines Centimeters und dessen Eintheilung in 10 Millimeter an.

Fig. 3.



11. Flächen-, Körper- und Hohlmaasse. Die vorstehende Figur verdeutlicht zugleich die Ableitung des Flächenmaasses durch Quadrirung und des Körpermaasses durch Cubirung von dem Längenmaasse. Ein rechteckiges Viereck von 1 Centimeter Länge und Breite stellt 1 Quadratcentimeter dar, oder $1/_{10000}$ des Quadratmeters, welches 1 Meter lang und breit ist und mit 10,15 preuss. Quadratfuss übereinkommt. Aus dem Quadratmeter gehen durch Division mit 100 die kleineren und durch Multiplication mit 100 die grösseren Quadratmaasse hervor. Für grosse Flächen, als Feldmaasse etc., wird das Quadratdekameter, = 100 Quadratmeter, unter dem Namen Are als Einheit benutzt und durch decimale Division oder Multiplication verkleinert oder vergrössert. 1 Hectare, = 100 Are oder 10 000 Quadratmeter entspricht 3,9 preuss. Morgen.

Errichtet man auf dem Quadratcentimeter einen Würfel (s. Figur 3), so erhält man ein Cubikcentimeter, d. h. einen Körper oder Hohlraum = 1 Centimeter lang, breit und hoch; dasselbe macht $1/_{100} \times 1/_{100} \times 1/_{100}$ oder 1 Milliontel des Cubikmeters, d. h. eines auf dem Quadratmeter errichteten Würfels, aus und wird in

der Chemie bei Volumbestimmungen am häufigsten gebraucht. Für kleinere Hohlmaasse wird aber, statt des Cubikmeters, auch das Cubikdecimeter, = $^1/_{1000}$ des Cubikmeters, als Einheit gesetzt und unter dem besonderen Namen Liter zur Bildung der folgenden Maassscala benutzt.

Kleinere Maasse.

	Liter.	Cub.-Cent.
Liter . . .	= 1	= 1000
Deciliter .	= $^1/_{10}$	= 100
Centiliter .	= $^1/_{100}$	= 10
Milliliter .	= $^1/_{1000}$	= 1

Grössere Maasse.

	Liter.
Liter	= 1
Dekaliter	= 10
Hektoliter	= 100
Kiloliter	= 1000.

Nach preussischem Maass beträgt 1 Cubikmeter 32,35 Cubikfuss; 1 Cubikcentimeter 96,6 Cubiklinien; 1 preuss. Cubikzoll rund 18 Cubikcentimeter.

1 Liter = 55,89 preuss. Cubikzoll oder 0,873, rund $^7/_8$ preuss. Quart oder $1^1/_{14}$ Dresdener Kanne; 1 preuss. Quart. = 1,145, rund $1^1/_7$ Liter; 1 Hektoliter = 1,82 preuss. Scheffel.

12. Gewichte. Das oben (Fig. 3) durch Zeichnung verdeutlichte Cubikcentimeter diente auch zur Herstellung der metrischen Gewichtseinheit. Man stellte sich ein viereckiges Kästchen dar, welches im Inneren genau 1 Centimeter lang, breit und hoch war und füllte es mit reinem Wasser im Zustande der grössten Dichtigkeit (von + 4° C.); das Gewicht dieser Wassermenge nannte man Gramm. Durch je 10 verkleinert oder vergrössert liefert dasselbe folgende Abstufungen:

Kleinere Gewichte.

	Gramm.		In Medizinalgew. Gran.
Gramm . . .	= 1		= 16,4
Decigramm . .	= 0,1	oder $^1/_{10}$	= 1,64
Centigramm .	= 0,01	„ $^1/_{100}$	= 0,164
Milligramm . .	= 0,001	„ $^1/_{1000}$	= 0,0164.

Grössere Gewichte.

	Gramm.	In Handelsgew. Loth.
Gramm	1	= 0,06
Dekagramm (Dekas)	10	= 0,6
Hektogramm (Hektas)	100	= 6
Kilogramm (Kilo)	1000	= 60.

1 Pfund Zollgewicht	= 500 Grm.		1 Unze Medizinalgew.	= 29,23 Grm.	
1 Loth „	= 16,66 „		1 Drachme „	= 3,65 „	
1 Quent „	= 1,666 „		1 Skrupel „	= 1,22 „	
1 Cent „	= 0,166 „		1 Gran „	= 0,06 „	

Die folgende Zusammenstellung mag noch zeigen, wie leicht sich die metrischen Gewichts- und Volumeinheiten mit einander vergleichen lassen.

1 Gramm Wasser von + 4° C. = 1 Cubikcentimeter oder Milliliter, = 1 Milliontel eines Cubikmeters.

100 Gramm Wasser = 100 Cubikcentimeter oder Milliliter, = 1 Deciliter, = $^1/_{10000}$ eines Cubikmeters.

1000 Gramm oder 1 Kilogrm. Wasser = 1 Liter, = 1000 Cubikcentimeter oder Milliliter, = 1 Cubikdecimeter, = $^1/_{1000}$ eines Cubikmeters.

1000 Kilogramm = 1000 Liter, = 1 Cubikmeter.

13. Messgefässe. Feste und flüssige Körper können ohne Schwierigkeit gewogen werden, nicht aber luftförmige, diese lassen sich bequemer und genauer ihrem Volum nach quantitativ vergleichen und bestimmen. Man bedient sich hierzu graduirter, an einem Ende geschlossener Glasröhren, in denen man die Luftart durch Quecksilber oder Wasser abschliesst.

Da das mechanische Messen weniger Zeit und Mühe erfordert, als das Wägen, so hat man sich bemüht, auch für Flüssigkeiten genaue Messgefässe herzustellen, mit deren Hülfe sich selbst quantitative Bestimmungen der ersteren oder von in ihnen gelösten festen Körpern ausführen lassen (Maassanalyse).

Die Pipetten, kleine Stechheber, Fig. 4 a und b, dienen insbesondere dazu, um ein bestimmtes Volum einer Flüssigkeit aus einem Gefässe aufzusaugen und in ein anderes zu bringen, wie um flüssige Lösungen in verschiedene Portionen zu theilen. Der graduirte Cylinder (Fig. 5 a) wird als allgemeines Messgefäss benutzt. Die Büretten (Fig. 5 b und c) gestatten ein tropfenweises Ausgiessen (b) oder mittelst des Quetschhahnes ein tropfenweises Abfliessen (c) von Flüssigkeit unter gleichzeitiger Bestimmung der ausgeflossenen Menge.

Für die in diesem Werke angegebenen Versuche genügt eine 10 Cubikcentimeter (C.-C.) fassende Pipette und ein Messglas von 1 Deciliter oder 100 C.-C. Inhalt. Das letztere, hauptsächlich zum

Abmessen von Wasser bestimmt, ist in 10 ganze Grade und ebensoviel halbe getheilt; 1 Grad entspricht demnach 10 C.-C. = 10 Grm. Wasser, ein halber Grad 5 C.-C. = 5 Grm. Wasser.

Fig. 4.

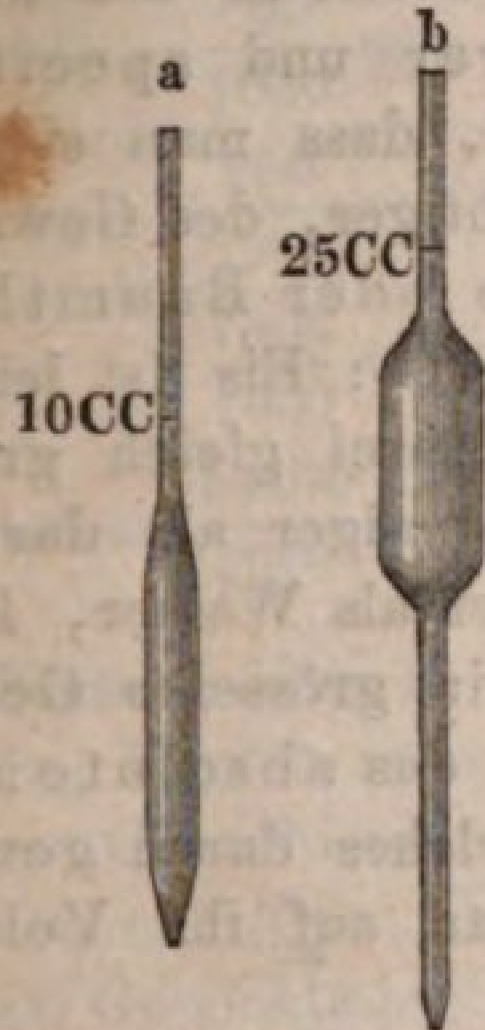
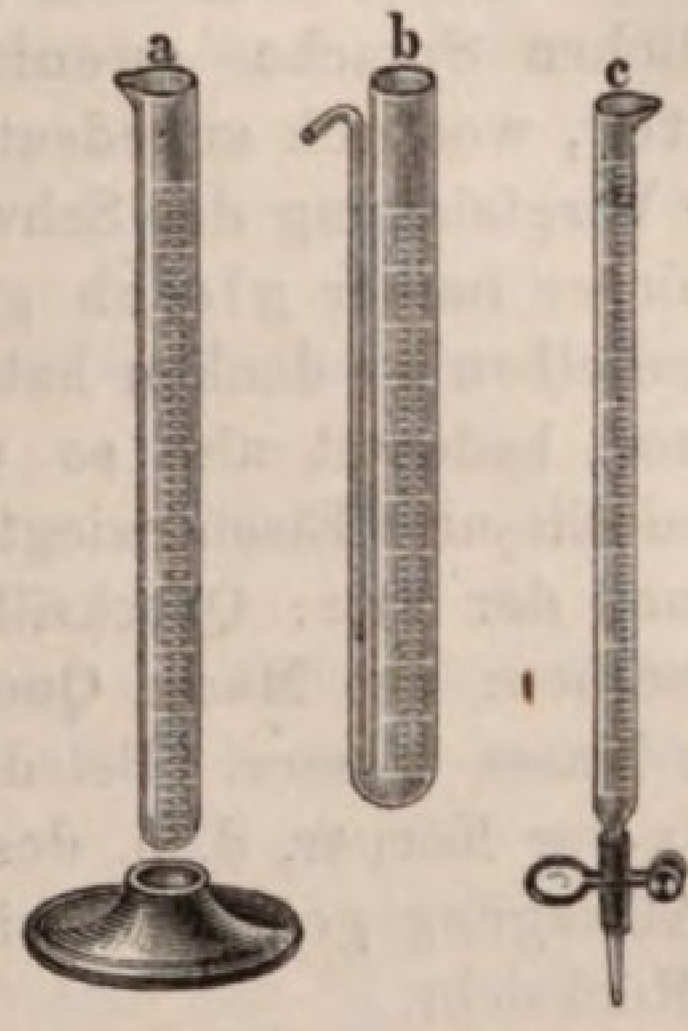


Fig. 5.



Die Grösse der zu den Versuchen erforderlichen Flaschen und Fläschchen ist bei den ersteren in Litern, bei den letzteren in Cubikcentimetern angegeben. Da es beim Ein- und Verkauf in Deutschland üblich ist, die Grösse der Flaschen nach ihrer Fassungskraft für Wasser in Pfunden und Lothen auszudrücken, so mag die folgende Nebeneinanderstellung dazu dienen, die nöthigen Vergleichungen zu erleichtern:

Eine Flasche von									
	2 Pfd.	1 Pfd.	½ Pfd.	12 Lth.	9 Lth.	6 Lth.	3 Lth.	1½ Lth.	
=	1	½	¼	⅕	—	—	—	—	Liter,
=	1000	500	250	200	150	100	50	25	Cub.-Cent. oder Grm. Wasser.

Specifisches Gewicht.

14. Verschiedene Schwere (Dichtigkeit) der Körper. Eis schwimmt auf Wasser, Eisen sinkt darin unter, weil ersteres leichter, letzteres schwerer ist als Wasser. Legen wir aber ein Stück Eis in Spiritus, so sinkt es darin unter, oder ein Stück Eisen auf Quecksilber, so schwimmt es auf letzterem; Eis ist

also schwerer als Spiritus, Eisen leichter als Quecksilber. Man sagt auch wohl, Spiritus ist leichter als Wasser, er kann daher weniger tragen, Quecksilber ist schwerer als Wasser, es trägt mehr. Was man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche in diesem Sinne schwerer oder leichter nennt, heisst in der wissenschaftlichen Sprache *specifisch schwerer* und *specifisch leichter*, wodurch angedeutet werden soll, dass man sich bei dieser Vergleichung der Schwere, oder richtiger, des Gewichtes der Körper immer *gleich grosse Stücke oder Raumtheile* von denselben zu denken habe. Der Ausdruck: Eis ist leichter als Eisen, bedeutet also so viel, als: von zwei gleich grossen Stücken Eis und Eisen wiegt das erstere weniger als das letztere; und der Satz: Quecksilber ist schwerer als Wasser, ist so zu verstehen: ein Maass Quecksilber hat ein grösseres Gewicht als ein Maass Wasser. Bei der Ermittelung des *absoluten Gewichts* der Körper, d. h. des Gewichts, welches durch gewöhnliche Abwägung gefunden wird, nimmt man auf ihr Volumen keine Rücksicht.

Um zu erfahren, *wie vielmal* das Quecksilber schwerer sei als das Wasser, oder das Eisen schwerer als das Eis, braucht man nur gleiche Volume oder Raumtheile von denselben zu wägen und die Gewichte mit einander zu vergleichen. Hätte man z. B. fünf ganz gleiche Kästchen von solcher Grösse, dass sie genau 1 Grm. oder 1000 Milligrm. Wasser fassten, und füllte in das eine Spiritus, in die anderen Eis, Wasser, Eisen und Quecksilber, so würde man folgende Gewichtsverschiedenheiten finden:

das Kästchen mit	Spiritus,	Eis,	Wasser,	Eisen,	Quecksilber
würde wiegen	800 Milligr.	900 Milligr.	1000 Milligr.	7500 Milligr.	13500 Milligr.

Zur leichteren Vergleichung der Zahlen, welche angeben, wie vielmal ein Körper specifisch schwerer oder leichter ist, als ein anderer, ist man übereingekommen, das Gewicht des Wassers, als des verbreitetsten Körpers, als Grundgewicht oder als Einheit anzunehmen. Man würde also in dem vorliegenden Falle zu fragen haben: wie vielmal sind Spiritus und Eis leichter und

Eisen und Quecksilber schwerer als Wasser, oder, was auf eins herauskommt: wie vielmal ist 1000 in 800, in 900, in 7500 und 13500 enthalten? Man dividirt daher mit dem Gewichte des Wassers, mit 1000, in die übrigen Zahlen und erhält für

Spiritus	$\frac{800}{1000}$	oder in Decimalen 0,80, also um $^1/_5$ leichter als Wasser.
Eis	$\frac{900}{1000}$	„ „ „ 0,90, „ „ $^1/_{10}$ „ „ „
Eisen	$\frac{7500}{1000}$	od. in Decimalen 7,50, also um $7^1/_2$ mal schwerer als Wasser.
Quecksilber	$\frac{13500}{1000}$	„ „ „ 13,50, „ „ $13^1/_2$ mal „ „ „

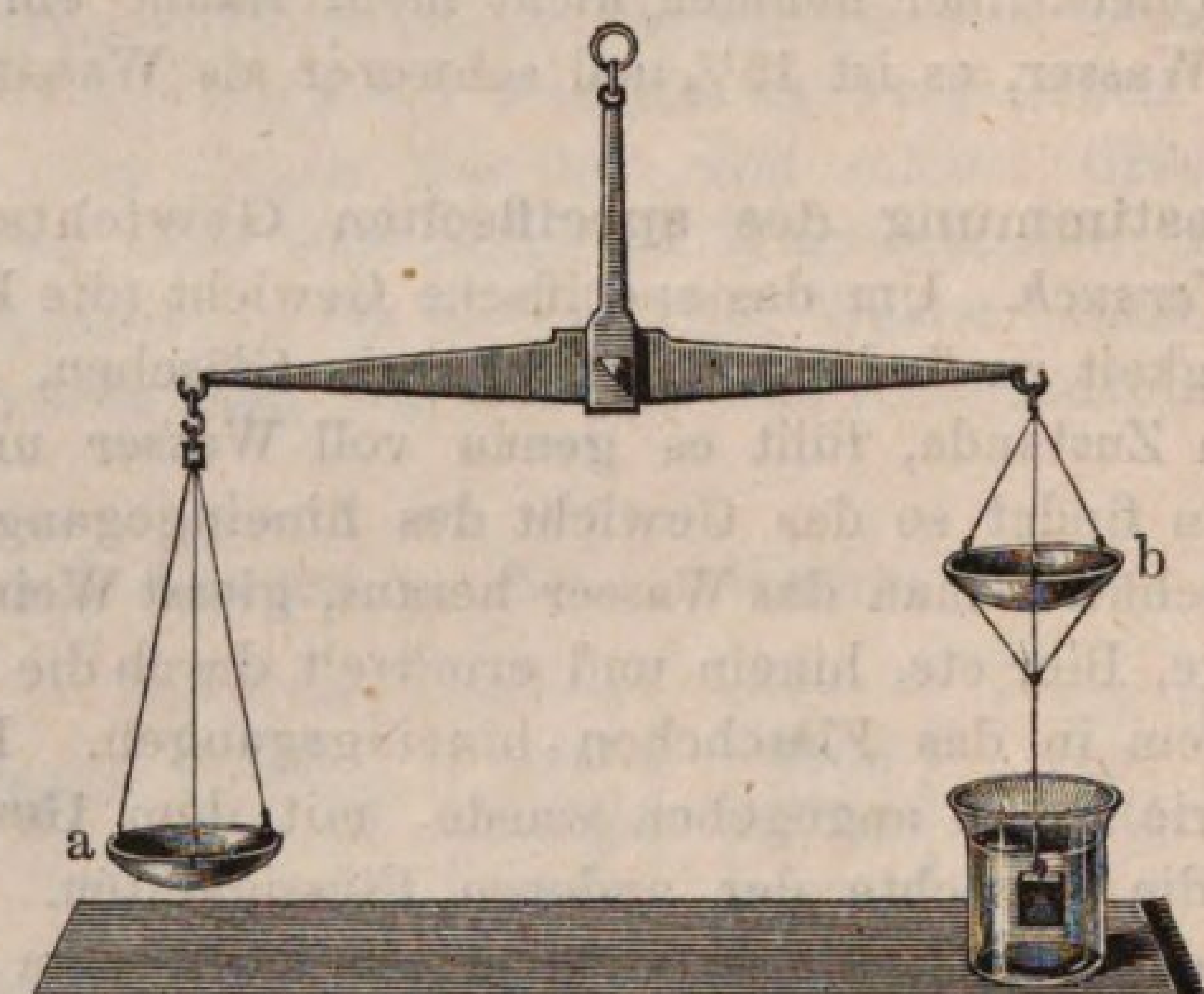
Diese Zahlen heissen specifische Gewichtszahlen (specif. Gew.). Findet man also angegeben: Weingeist hat ein specifisches Gewicht von 0,80, so heisst dies so viel als: 80 Gewichtstheile (Grm., Loth etc.) davon nehmen denselben Raum ein als 100 Gewichtstheile Wasser, er ist also nur $^4/_5$ so schwer, oder, was dasselbe ist, um $^1/_5$ leichter als Wasser. Das specifische Gewicht des Quecksilbers ist 13,5, bedeutet also: $13^1/_2$ Gewichtstheile von Quecksilber nehmen nicht mehr Raum ein als **1** Gewichtstheil Wasser, es ist $13^1/_2$ mal schwerer als Wasser.

15. Bestimmung des specifischen Gewichts flüssiger Körper. *Versuch.* Um das specifische Gewicht (die Dichtigkeit) einer Flüssigkeit zu finden, tarirt man ein Gläschen, d. h. wägt es in leerem Zustande, füllt es genau voll Wasser und wägt es wieder. Man findet so das Gewicht des hineingegangenen Wassers. Nun schüttet man das Wasser heraus, giesst Weingeist oder Syrup, Lauge, Bier etc. hinein und ermittelt durch die Wage, wie viel von jedem in das Fläschchen hineingegangen. Dann dividirt man, wie schon angegeben wurde, mit dem Gewichte des Wassers in die Gewichte der anderen Flüssigkeiten. Der Quotient zeigt das specifische Gewicht an. Sehr bequem ist es, ein Fläschchen anzuwenden, in welches gerade 100 Gramm Wasser hineingehen, da man in diesem Falle das Rechnen ganz erspart, weil die Anzahl von Grm., die das Fläschchen von irgend einer Flüssigkeit fasst, zugleich als die Zahl für das specifische Gewicht derselben anzusehen ist.

16. Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper. *Versuch.* Auf einer Wage tarire man ein mit Wasser gefülltes Gläschen, dann lege man auf die Gewichtsschale 15 Grm., neben das Gläschen aber so viele kleine, eiserne Nägel, bis die Wage wieder ins Gleichgewicht gekommen ist. Man nimmt nun beides von der Wage und schüttet die Nägel ins Glas, aus dem natürlich genau so viel Wasser herausgedrängt werden muss, als die Nägel Raum einnehmen. Wie viel dies beträgt, erfährt man, wenn man das gut abgetrocknete Gläschen wieder auf die Wagschale stellt und von der anderen so viele Gewichte wegnimmt, bis die Zunge wieder genau einsteht. Die weggenommenen Gewichte (ungefähr 2 Grm.) bilden nun den Divisor, und 15 Grm. den Dividend; man erhält $\frac{15}{2} = 7{,}5$ als das specifische Gewicht des Eisens, aus dem die Nägel bestehen.

Versuch. Will man das specifische Gewicht eines ganzen Stückes Eisen oder irgend eines anderen Körpers bestimmen, der sich nicht in ein Gläschen bringen lässt, so bindet man ihn an einen feinen Faden, schlingt diesen um die Schale *b*, Fig. 6, einer

Fig. 6.



gewöhnlichen Handwage, die man durch Einbinden der Schnuren kürzer gemacht hat, und wägt den Körper erst in der Luft, sodann im Wasser, indem man ein Gefäss mit Wasser so unterstellt, dass das Stück Eisen einen Zoll tief ins Wasser eintaucht. Mit

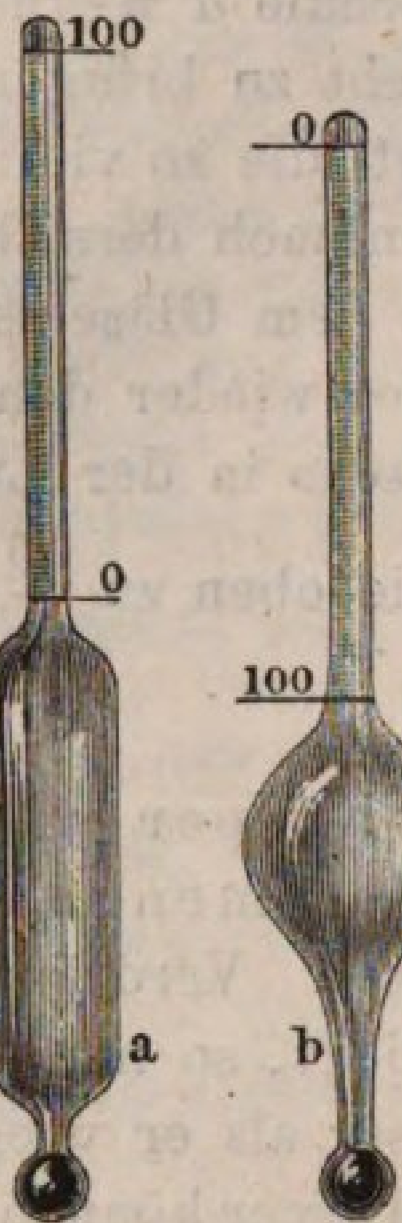
dem Eintauchen desselben wird die Gewichtsschale sinken, das Eisen muss also unter Wasser leichter werden. Wog das Eisen in der Luft 15 Grm., so wird man, gerade wie bei dem vorigen Versuche, ebenfalls 2 Grm. von der Schale *a* wegnehmen müssen, um die Wage wieder ins Gleichgewicht zu bringen, also genau so viel, als eine Quantität Wasser wiegt, die so viel Raum einnimmt, als das Stück Eisen. Es tritt demnach derselbe Gewichtsverlust ein, mag man das Wasser aus dem Gläschen heraus oder nur zur Seite drängen. Dieser bildet wieder den Divisor, mit dem man in 15, das Gewicht des Eisens in der Luft, zu dividiren hat, um das specifische Gewicht wie oben zu $\frac{15}{2} = 7,5$ zu finden.

17. Schwimmen der Körper. Jeder Körper wird im Wasser um so viel leichter, als die Wassermenge wiegt, die er verdrängt; dies ist ein Naturgesetz. Verdrängt ein Körper weniger Wasser als er an der Luft wiegt, so muss er im Wasser untersinken; verdrängt er mehr Wasser als er wiegt, so muss er schwimmen. Selbst sehr schwere Körper können durch Vergrösserung ihres Volumens zum Schwimmen gebracht werden; aus Eisen baut man Schiffe, obgleich es fast 8mal schwerer ist als Wasser; ein Trinkglas schwimmt auf Wasser, und doch ist das specifische Gewicht des Glases 3- bis 4mal grösser als das des Wassers. Ein dichtes Stück Eisen verliert im Wasser ziemlich $\frac{1}{8}$ von seinem Gewichte; hämmert man dasselbe zu einem Schälchen oder Kästchen von solcher Grösse aus, dass es einen 8mal grösseren Raum einnimmt als vorher, so verliert es im Wasser sein ganzes Gewicht und wird darin eben schwimmen, aber bis an den Rand eintauchen. Wird das Schälchen noch einmal so gross gemacht, so dass es das Doppelte seines eigenen Gewichts verdrängen kann, so taucht es nur bis zur Hälfte ein, und man kann es noch mit einem gleich schweren Stück Eisen belasten, ehe es untersinkt.

18. Aräometer oder Senkwagen. Fig. 7 (a. f. S.). Ein und derselbe Körper wird aber in verschiedenen Flüssigkeiten mehr oder weniger tief einsinken, in leichteren nämlich, die weniger tragen können, tiefer als in schweren oder dichteren, die eine grössere Tragkraft haben, wie dies schon oben angegeben wurde.

Dies hat zu einer recht bequemen Methode geführt, das specifische Gewicht einer Flüssigkeit durch das mehr oder minder tiefe Einsinken eines darin schwimmenden Körpers zu ermitteln. Als schwimmenden Körper wendet man gewöhnlich eine Glasspindel von beistehender Form an, der man den Namen Senkwage oder Aräometer (Dichtigkeitsmesser) gegeben hat. Der mittlere Theil einer solchen Senkwage macht, dass dieselbe schwimmt, er ist daher hohl und aufgeblasen; der untere Theil macht, dass sie gerade oder senkrecht schwimmt, er ist deshalb mit Quecksilber oder Bleischrot gefüllt, wodurch der Schwerpunkt nach unten gezogen wird. Die obere dünne Röhre dient zum Messen der Tiefe, bis zu welcher das Instrument in einer Flüssigkeit einsinkt; sie enthält zu diesem Zwecke einen zusammengerollten Papierstreifen mit aufgeschriebener Scala, von welcher man die Grade nur abzulesen braucht. Zu Wagen dieser Art gehören die bekannten Spiritus- oder Branntweinwagen, die Oel-, Laugen-, Zuckerwagen etc. Taucht man eine Spirituswage (Fig. 7 a) in Wasser, so sinkt sie bis zur tiefsten Stelle der Röhre, bis zu 0 ein, in dem stärksten Weingeist dagegen, der viel dünner ist als Wasser, bis zur obersten Stelle, die mit 100 bezeichnet ist. Eine Laugenwage (Fig. 7 b) dagegen muss den Nullpunkt bis zu dem sie in reinem Wasser einsinkt, oben haben, weil die Laugen schwerer sind als Wasser, und in Folge ihrer grösseren Tragkraft die Senkwage in die Höhe heben, und zwar um so mehr, je stärker sie sind. Bei den Aräometern für leichtere Flüssigkeiten zählt man von unten nach oben, bei den für schwerere Flüssigkeiten von oben nach unten. Die meisten Scalen derselben sind auf eine willkürliche Weise in Grade eingetheilt worden (empirische Scalen); um diese in die entsprechenden specifischen Gewichtszahlen zu verwandeln, hat man besondere Tabellen angefertigt, die nachgesehen werden müssen.

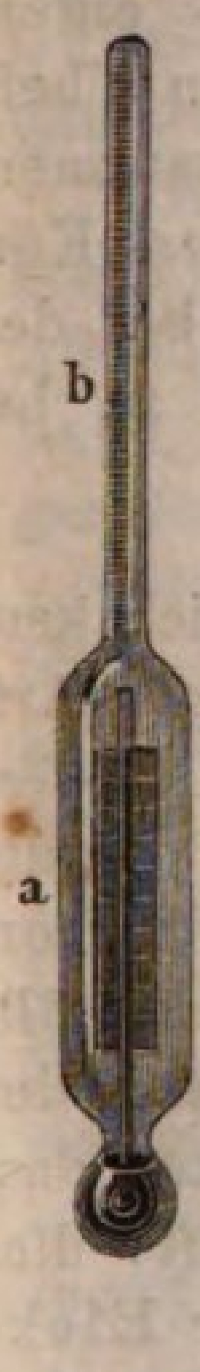
Fig. 7.



19. Einfluss der Temperatur auf das specifische Gewicht. *Versuch.* Man giesse Branntwein in einen Cylinder und merke sich die Grade an, welche er zeigt, dann stelle man denselben an einen warmen Ort und prüfe ihn noch einmal, wenn er lauwarm geworden ist: der warme Branntwein wird mehr Grade zeigen und stärker scheinen als er wirklich ist, weil die Wärme ihn ausdehnt und leichter macht (vergl. Nro. 24). Alle Körper haben erwärmt ein geringeres specifisches Gewicht als im kalten Zustande. Man muss aus diesem Grunde bei Bestimmung der Dichtigkeit der Körper auch auf die Temperatur Rücksicht nehmen, die sie besitzen, und ist übereingekommen, eine Wärme von 15° C. als Mitteltemperatur anzusehen.

Bei genaueren Senkwagen hat man auf eine sinnreiche Weise dem in der Kugel befindlichen Quecksilber zugleich die Bestimmung gegeben, die Wärme anzuzeigen, indem man es in eine kurze Kugelröhre füllt und auf deren Kugel den hohlen Glaskörper aufschmilzt. Die kleine Scala *a* (Fig. 8) dieses Instrumentes zeigt die Temperatur der Flüssigkeit an, die lange Scala *b* aber die Dichtigkeit derselben. Zu grösserer Bequemlichkeit ist die kleine Scala gewöhnlich so eingerichtet, dass jeder Grad derselben einem Grade der längeren Scala entspricht, und man hat dann nur nöthig, die Theilstriche unter der Mitteltemperatur den Dichtigkeitsgraden hinzuzuaddiren, die über der Mitteltemperatur hingegen von letzteren abzuziehen, um sich vor Täuschungen zu schützen.

Fig. 8.



Gold ist 19mal, Silber 10mal schwerer als Wasser, mit Silber versetztes Gold muss daher specifisch leichter sein als reines Gold; Messing hat nur ein specifisches Gewicht = 8. Weingeist und Aether werden um so leichter, je reiner und stärker sie sind; Laugen, Syrupe, Säuren etc. werden umgekehrt schwerer bei zunehmender Güte und Stärke. Es ist hieraus abzunehmen, wie wichtig in vielen Fällen die Kenntniss des specifischen Gewichtes werden kann, um danach die Güte und Reinheit der Körper zu beurtheilen. Dasselbe ist hier bei den wichtigsten Elementen und Verbindungen meistens in der Ueberschrift mit aufgeführt.

Die alten Elemente.

20. Naturkörper. Wie wir an uns selbst den sichtbaren Körper, und als seinen Beherrscher den unsichtbaren Geist unterscheiden, so unterscheiden wir auch ausser uns in der Natur Körper, die wir festhalten und wägen können, und geistige Gewalten oder Kräfte, die über diese Körper herrschen und kein Gewicht besitzen.

Die zahllosen Naturkörper, die wir auf unserer Erde antreffen, lassen sich leicht in drei grosse Classen vertheilen: sie sind entweder fest, flüssig oder luftförmig. Man nennt diese drei Zustände, in denen die Körper vorkommen, Aggregatzustände.

Um ein Stück Eis zu zerschneiden oder zu zerstossen, müssen wir eine grössere Kraft anwenden, als um Wasser in kleinere Theilchen, in Tropfen zu verwandeln; wir schliessen daraus, dass die einzelnen Theilchen des festen Eises stärker unter einander zusammenhängen als die des flüssigen Wassers. Als den Grund dieses verschiedenen Zusammenhanges sieht man eine eigenthümliche anziehende Kraft an, die zwischen den kleinsten Theilchen der Körper thätig ist, und der man den Namen Zusammenhangskraft oder Cohäsion gegeben hat. Bei den festen Körpern ist diese Cohäsion grösser als bei den flüssigen; bei den luftförmigen Körpern ist von derselben gar nichts mehr zu bemerken.

21. Naturkräfte. Die Naturkräfte an und für sich kennen wir nicht, denn sie sind innerlicher, gleichsam geistiger Art, demungeachtet sind wir von dem Dasein derselben eben so fest überzeugt, wie von dem eines Geistes in uns selbst, weil wir die Wirkungen und Erscheinungen kennen, welche durch sie hervorgebracht werden. Ein Stück Eisen, in die Höhe geworfen, fällt wieder zur Erde herab: wir schreiben diese Erscheinung der Anziehungskraft der Erde zu; an feuchter Luft rostet dasselbe, d. h. es verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft: dies ist eine Wirkung der chemischen Kraft; die Kraft der Elektricität vermag das Eisen aus dieser Verbindung wieder frei

zu machen. Durch die Kraft des Magnetismus erhält das Eisen, wenn es sich frei drehen kann, eine bestimmte Richtung von Norden nach Süden; durch die Kraft der Wärme kann es geschmolzen werden etc. Man nimmt zwar, wie sich hieraus ergiebt, gar verschiedenartige Kräfte an, es ist aber sehr wahrscheinlich, dass sie alle von einer gemeinschaftlichen Mutter stammen, wie wir ja auch die verschiedenen Aeusserungen der geistigen Kraft des Menschen, z. B. die Willenskraft, Urtheilskraft, Einbildungskraft etc., nur von einem einzigen Geiste herleiten.

22. Die sogenannten alten Elemente. Unter den festen Naturkörpern ist der bekannteste und verbreitetste der Erdboden, unter den flüssigen das Wasser, unter den luftförmigen die gewöhnliche atmosphärische Luft; dies brachte die Gelehrten schon in frühen Zeiten auf die Vermuthung, dass alle festen Körper aus Erde, alle flüssigen aus Wasser, alle luftförmigen aus Luft entstanden seien, und man nannte diese drei Körper aus diesem Grunde Elemente oder Urstoffe. Als solche können sie zwar im chemischen Sinne jetzt nicht mehr gelten, da es der Chemie gelungen ist, sie alle drei in noch einfachere Körper zu zerlegen; wohl aber können wir sie immer noch als physikalische Grundstoffe ansehen, d. h. als Sinnbilder für die drei Aggregatzustände der Körper.

Das vierte Element der Alten, das Feuer, kann als ein Symbol für die Kräfte oder geistigen Gewalten angesehen werden. Als chemisches Element hat es gleichfalls seine Bedeutung verloren, da es nur eine, meistens durch chemische Processe hervorgerufene Erscheinung ist, bei der wir Licht sehen und Wärme fühlen.

Bei den meisten chemischen Vorgängen spielen von diesen alten Elementen das Feuer (Wärme), das Wasser und die Luft eine wichtige Rolle; denn die Wärme ist ein wichtiges Beförderungsmittel der chemischen Veränderungen und das Wasser das wichtige Auflösungsmittel für feste und luftförmige Körper. Die Luft aber verdient insofern allgemeine Berücksichtigung, als wir fast alle chemischen Versuche in ihr anstellen müssen, wobei sie nicht selten helfend oder hemmend mit einwirkt. Es mögen daher diese drei sogenannten physikalischen Elemente zuerst in nähere Betrachtung gezogen werden.

Wasser und Wärme.

23. Das **Wasser** bedeckt als Meer, theils im festen Zustande, wie im hohen Norden, theils flüssig, wie in den wärmeren Gegenden, beinahe drei Viertheile der Erdoberfläche; in Flüssen durchströmt es das Land in allen Richtungen; es steigt als Dampf in die Luft, bildet daselbst Wolken und fällt als Regen wieder auf die Erde zurück. Wir finden es also in allen drei Aggregatformen in der Natur und gewahren leicht, dass die **Wärme** es ist, durch welche diese äusserliche Verschiedenheit bewirkt wird. Das Wasser eignet sich aus diesem Grunde sehr gut dazu, um an ihm die wichtigsten Wirkungen der Wärme zu studiren.

Ausdehnung durch Wärme. Thermometer.

24. Ausdehnung flüssiger Körper. *Versuch.* Man tarire ein kleines Kochfläschchen, d. h. man stelle es auf die eine Schale einer Wage und lege auf die andere so viele Gewichte oder Schrotkörner etc., bis die Zunge genau einsteht, fülle es dann voll mit eiskaltem Wasser und merke sich das Gewicht des letzteren an. Hierauf erwärme man das Fläschchen auf einem Dreifusse durch eine einfache Spirituslampe, die man anfangs einige Minuten hin und her bewegt, damit die Erwärmung des Glases nur allmälig erfolge. Das Wasser wird bald höher steigen und ein Theil desselben herausfliessen. Sowie es zu kochen beginnt, entfernt man die Lampe und lässt das Gefäss erkalten; dabei sinkt das Wasser natürlich tiefer, als es vorher stand. Wie viel davon heraus-

Fig. 9.



getrieben wurde, erfährt man durch den Gewichtsverlust bei abermaligem Wägen; es wird ungefähr $^1/_{22}$ an dem ersten Gewichte fehlen. 100 Maass Wasser von 0° C. geben 101,2 Maass Wasser von 50° C. und 104,3 Maass Wasser von 100° C.

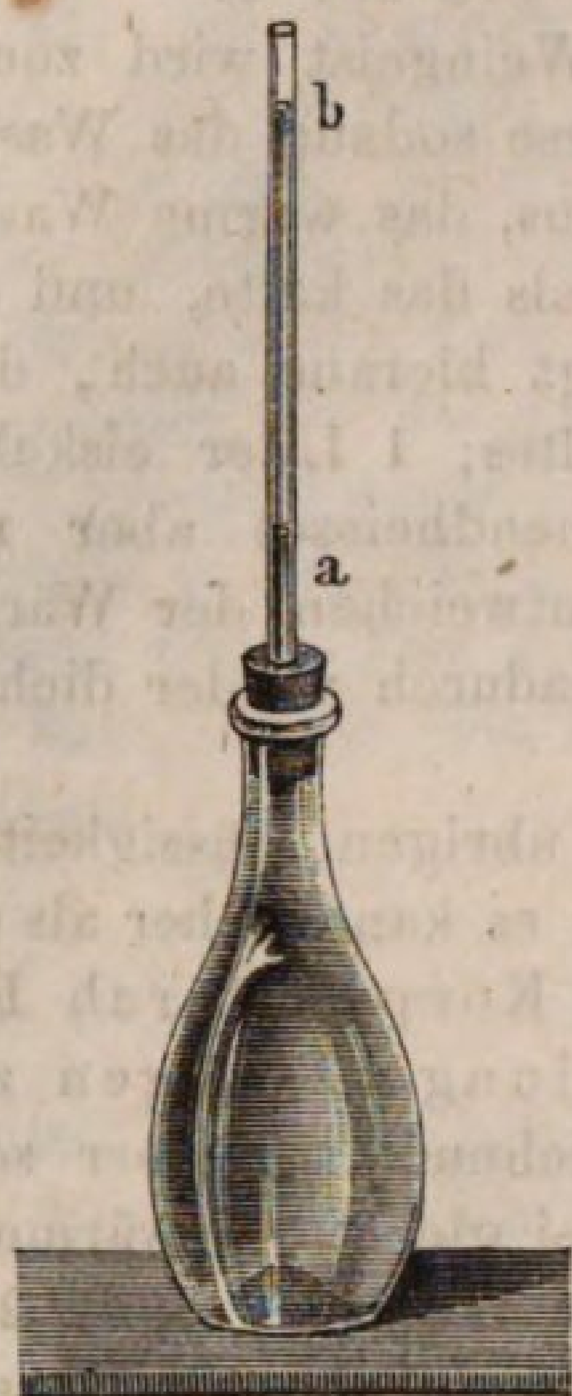
Durch den brennenden Spiritus oder Weingeist wird zuerst die Bodenfläche des Glasgefässes, durch diese sodann das Wasser erwärmt. Die Wärme dehnt das Wasser aus, das warme Wasser nimmt folglich einen grösseren Raum ein als das kalte, und ein Theil davon muss herausfliessen. Es folgt hieraus auch, dass warmes Wasser leichter sein muss als kaltes; 1 Liter eiskaltes Wasser wiegt 1000 Grm., 1 Liter kochendheisses aber nur 955 Grm. Bei dem Erkalten oder dem Entweichen der Wärme zieht es sich wieder zusammen und wird dadurch wieder dichter und schwerer.

Wie das Wasser, so verhalten sich alle übrigen Flüssigkeiten, ja auch die festen und luftförmigen Körper; es kann daher als ein Naturgesetz angesehen werden: dass die Körper durch Erwärmung ausgedehnt, durch Abkühlung hingegen zusammengezogen werden. Diese Ausdehnung ist aber sehr verschieden; manche Körper dehnen sich bei gleicher Erwärmung stärker aus, andere wieder schwächer, der Weingeist z. B. $2^1/_2$-mal stärker, das Quecksilber $2^1/_2$mal schwächer als das Wasser. Bei den Flüssigkeiten, welche dem Maasse nach ein- und verkauft werden, kann diese Wirkung der Wärme oft ökonomisch wichtig werden; denn wenn man beispielsweise 100 Maass Branntwein oder Spiritus bei starker Sommerhitze einkauft, bei starker Winterkälte aber wieder verkauft, so wird man 4 bis 5 Maass daran verlieren, ebenso viel dagegen gewinnen, wenn der Einkauf im Winter und der Verkauf im Sommer erfolgt.

Versuch. Um die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme deutlicher beobachten zu können, passe man auf ein Kochfläschchen einen Kork, den man zuvor mit einem Stück Holz so lange gelind geklopft hat, bis er so weich geworden ist, dass er schon bei sanftem Eindrehen in die Oeffnung des Gläschens sich überall genau an das Glas anlegt; den Kork durchbohre man in der Mitte mittelst einer runden Feile, bis sich in die entstandene, möglichst cylindrische Oeffnung eine Glasröhre, etwas streng, einschieben lässt. Nun fülle man das Gläschen so weit mit Wasser an, dass dieses, wenn der Kork fest

eingedreht wird, in der Röhre ungefähr bis *a* steht, und erwärme es wie bei dem vorigen Versuche.

Fig. 10.



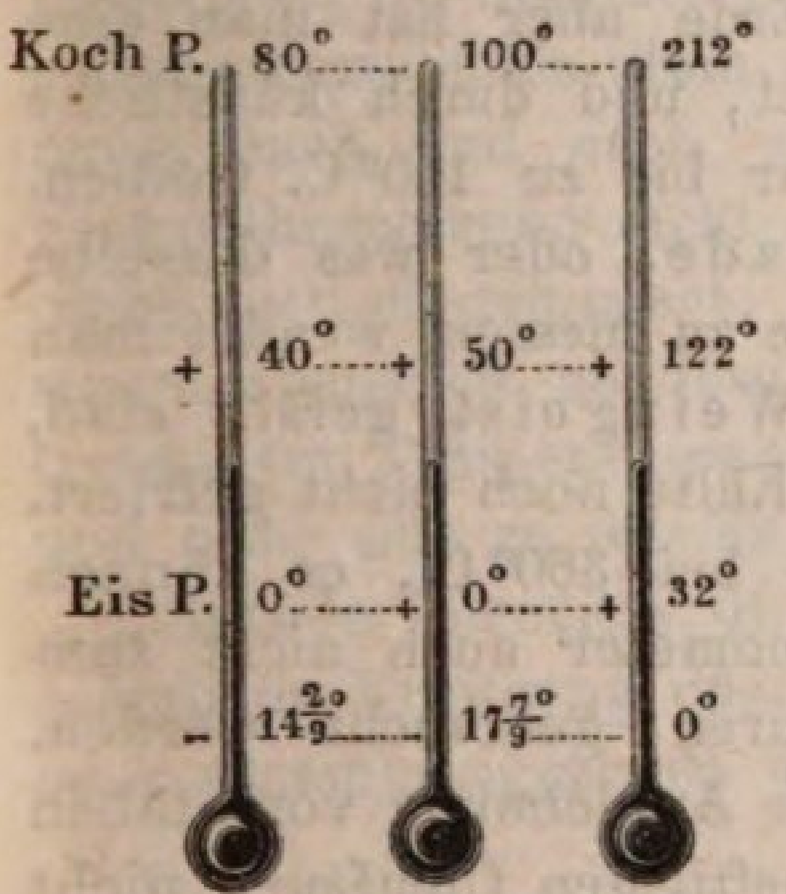
Das Wasser, welches bei dem vorigen Versuche durch die Kraft der Wärme aus dem Gläschen herausgedrängt wurde, wird hier in der Röhre in die Höhe gehoben, und zwar wird es um so höher steigen, je enger die Glasröhre ist. Man kann auf diese Weise selbst sehr kleine Raumveränderungen noch sichtbar fürs Auge machen, und diese Veränderungen dann dazu benutzen, um aus ihnen einen Schluss auf die Zu- oder Abnahme der Wärme zu ziehen, oder was dasselbe ist, um die Wärme zu m e s s e n. Dies geschieht durch besondere Instrumente, die Thermometer oder Wärmemesser heissen.

25. Thermometer oder Wärmemesser. Man könnte die Ausdehnung des Wassers in dem eben besprochenen Versuche leicht zum M e s s e n d e r W ä r m e anwenden, wenn man die Stelle an der Glasröhre, bis zu welcher das Wasser beim Kochen in die Höhe stieg, sowie gleichfalls diejenige Stelle, bis zu der es beim Erkalten in Schnee fallen würde, anzeichnete und diesen Raum in Grade eintheilte. Viel zweckmässiger aber benutzt man statt des Wassers Quecksilber, da dieses schwerer kocht und schwerer gefriert, überdies auch schneller warm und wieder kalt wird, also die Wärmeänderungen rascher angiebt.

Das Gefäss, in welches man das Quecksilber bringt, kann gleichfalls als aus einem Fläschchen und einer Glasröhre zusammengesetzt angesehen werden, die aber, statt durch Kork verbunden, mit einander zusammengeschmolzen sind. Nachdem dasselbe mit Quecksilber ziemlich angefüllt und auch oben zugeschmolzen worden, taucht man es in schmelzenden Schnee und bezeichnet die Stelle, bis zu welcher das Quecksilber sinkt, mit dem Namen Eispunkt; mit Siedepunkt aber diejenige, bis zu wel-

cher das Quecksilber in kochendem Wasser steigt. Der zwichen diesen zwei festen Punkten inneliegende Raum lässt sich nun in beliebig viele Theile oder Grade theilen, welche zusammen die Scala oder Stufenleiter bilden. Die Grade unter dem Eispunkte werden eben so gross aufgetragen, wie die über demselben. Leider sind statt einer einzigen Scala deren mehre in Gebrauch gekommen. Die bekanntesten darunter sind folgende drei: die 80theilige von Réaumur (R.), die 100theilige oder Centesimalscala von Celsius (C.) und die 180theilige von Fahrenheit (F.). Die Verschiedenheiten derselben werden sich aus den beistehenden Figuren leicht ersehen lassen.

Fig. 11.



Nach R. gefriert das Wasser bei 0^0 und kocht bei 80^0; nach C. gefriert das Wasser bei 0^0 und kocht bei 100^0; nach F. gefriert das Wasser bei $+ 32^0$ und kocht bei 212^0.

Fahrenheit, ein Physiker, fing sonderbarer Weise nicht beim Eispunkte zu zählen an, sondern 32^0 unter demselben. Die Scala desselben ist in England allgemein gebräuchlich, daher die hohen Grade, die man in englischen Schriften findet. Bei uns ist im gewöhnlichen Leben die Réaumur'sche am verbreitetsten, in wissenschaftlichen Werken aber benutzt man allgemein die Centesimalscala, welche auch in Frankreich sonst allgemein angewendet wird. Sie gilt gleichfalls für die in diesem Werkchen angegebenen Wärmegrössen oder Temperaturen. Um diese Scalen mit einander zu vergleichen, braucht man nur im Gedächtniss zu behalten, dass 4^0 R. so gross sind als 5^0 C. oder 9^0 F. Will man Grade von F., die über dem Eispunkte liegen, in Grade von R. oder C. umwandeln, so muss man natürlich zuvor 32^0 in Abzug bringen, eben so viele aber zum Producte zuaddiren, wenn es sich um die Verwandlung von R. oder C. Graden in Fahrenheit'sche handelt. Den Graden über 0^0 giebt man das Pluszeichen (+), den Graden unter 0^0, die man gewöhnlich Kältegrade nennt, das Minuszeichen (–).

Zu chemischen Versuchen eignet sich am besten ein cylin-

drisches *Thermometer*, welches bis zu 300° C. geht, da sich dieses, wie beistehende Abbildung zeigt, leicht durch einen Kork stecken und dann auf Flaschen befestigen lässt, in denen Flüssigkeiten bei bestimmten Temperaturen erhitzt werden sollen. Die bei dieser Art von Thermometern über den Kochpunkt des Wassers hinausragenden Grade werden auf der langen Glasröhre eben so gross aufgetragen, wie die, welche man durch Theilung des Raums zwischen 0° und 100° erhielt.

Fig. 12.



26. Messen hoher Kälte- und Hitzgrade. Das Quecksilber gefriert bei — 40° C.; in den nördlichen Regionen unserer Erde aber hat man eine Kälte von 50° C. beobachtet, und durch künstliche Mittel kann man diese sogar bis zu 100° C. treiben. Um solche hohe *Kältegrade*, oder was dasselbe ist, so niedrige Wärmegrade zu messen, wendet man Thermometer an, die mit *Weingeist* gefüllt sind, da dieser selbst bei 100° C. Kälte noch nicht gefriert.

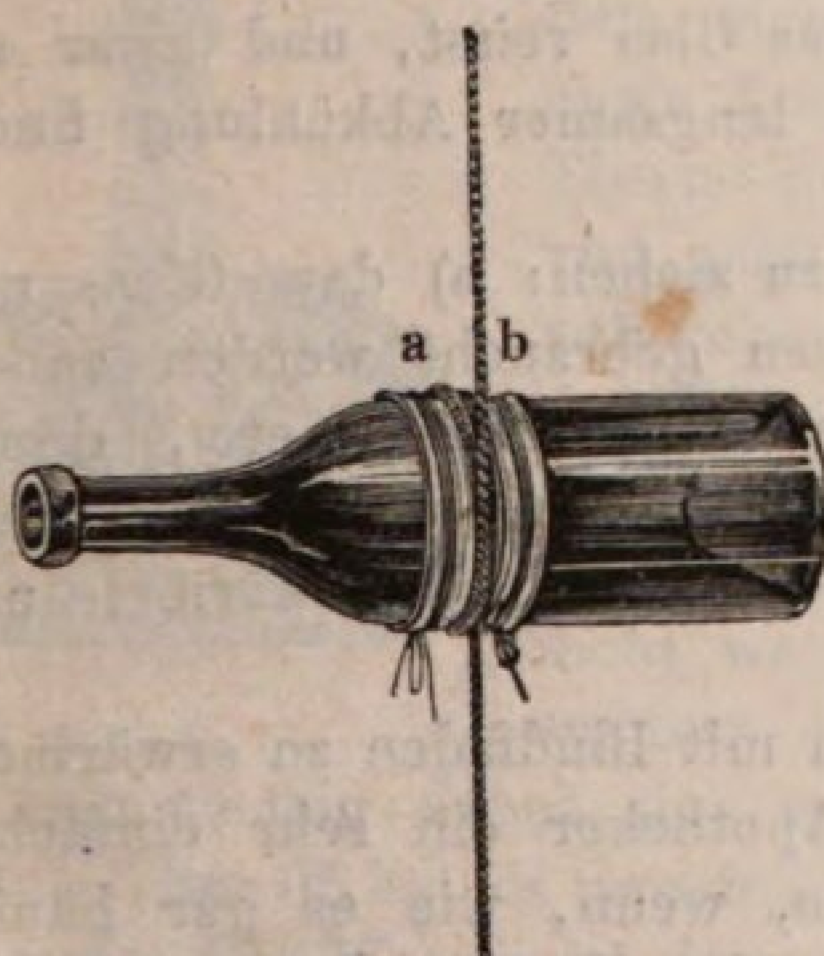
Das Quecksilber kocht bei 360° C., es können daher damit gefüllte Thermometer auch nicht zum Messen höherer Temperaturen gebraucht werden. Starke *Hitzgrade* sucht man durch die Ausdehnung von Stäben aus Platin, einem Metalle, welches im heftigsten Ofenfeuer nicht schmilzt, zu bestimmen. Instrumente dieser Art heissen *Pyrometer* oder Feuermesser. Durch Brennspiegel, durch starke elektrische Ströme und auf chemischem Wege ist man im Stande, eine Hitze von mehr als 2000° C. hervorzubringen.

27. Ausdehnung fester Körper. Ein Kochtopf, der kalt eben zu einer Ofenthür hineingeht, lässt sich heiss nicht wieder herausnehmen, denn er ist durch die Erhitzung grösser geworden; ein eiserner Wagenreif, glühend um ein Rad gelegt, presst sich beim Erkalten fest ins Holz ein und hält den Radkranz mit grosser Kraft zusammen; ein Stahl, der glühend streng in eine Plattglocke passt, füllt diese nach dem Erkalten nicht mehr aus, sondern lässt sich in ihr hin und her schütteln. Beide, der Wagenreif und der Plattstahl, sind durch das Erkalten kürzer und kleiner geworden. Dieses Grösserwerden durch Erwärmung und

Kleinerwerden durch Abkühlung zeigt uns klar, dass auch die festen Körper durch Wärme ausgedehnt, durch Entziehung der Wärme aber zusammengezogen werden. Viele Erscheinungen aus dem gewöhnlichen Leben finden dadurch eine einfache Erklärung. Unsere Wanduhren gehen im Winter vor, im Sommer nach, weil die Pendelstange derselben im Sommer länger wird und dann langsamere Schwingungen macht, während sie durch die Winterkälte verkürzt wird und schneller schwingt. Ein Klavier bekommt in einer kalten Stube einen höheren Ton als in einer warmen, weil die Saiten in der Kälte zusammengezogen, also kürzer und sonach stärker gespannt werden; ein in eine Wand eingeschlagener Nagel wird mit der Zeit locker, weil das Eisen sich im Sommer stärker ausdehnt und im Winter stärker zusammenzieht als Stein oder Holz und auf diese Weise die Oeffnung nach und nach erweitert. Aus diesem Grunde dürfen Eisenbahnschienen nicht fest an einander gelegt, Dampfröhren nicht fest eingemauert, Zinkplatten bei Bedachungen nicht zusammengenagelt, sondern gefalzt werden, damit sie sich bei eintretendem Temperaturwechsel ohne zu reissen zusammenziehen, und ohne sich zu werfen ausdehnen können.

Spröde Körper, z. B. Glas oder Porzellan, können durch eine plötzliche Erhitzung oder Abkühlung leicht so schnell ausgedehnt oder zusammengezogen werden, dass sie zerspringen.

Fig 13.



Versuch. Man umwickle eine Flasche an zwei einander ganz nahe liegenden Stellen so lange mit mehrfach zusammengelegten Papierstreifen, bis zwei kleine Wälle, *a* und *b*, entstanden sind, zwischen denen sich eine ungefähr federkielbreite Gasse befindet. Diese zwei Papierwülste werden mit Bindfaden fest gebunden, so dass sie sich nicht leicht verschieben lassen. An der vertieften Stelle wird nun ein Bindfaden um das Glas ge-

schlungen und so lange hin und her gezogen, bis er zerreisst. Giesst man jetzt schnell kaltes Wasser in die Gasse, so springt das Glas an dieser Stelle von einander, als ob es durchschnitten worden wäre. Die scharfen Ränder macht man durch gelindes Streichen mit einer Feile stumpf. Man kann sich auf diese Weise aus gewöhnlichen Medicin- oder Eau de Cologne-, ja selbst aus grösseren Flaschen leicht Glasglocken machen, welche sich zum Auffangen von Luftarten, zu Auflösungen, Niederschlagungen und anderen chemischen Arbeiten ganz gut anwenden lassen.

Dass ein Paar Körper heiss werden, wenn wir sie schnell an einander reiben, wer wüsste das nicht? Hat doch Jeder wohl an sich die Erfahrung gemacht, dass man die Hände verbrennen kann, wenn man sich schnell an einem Seile oder einer Stange herablässt, oder es einmal mit angesehen, wie ein Wagenrad durch schnelles Fahren heiss wurde, wenn es nicht gut eingeschmiert war. Das schnelle Hin- und Herziehen des Bindfadens auf dem Glase bringt auch hier eine solche Hitze hervor, dass das Glas an der Stelle, wo die Reibung stattfindet, sehr heiss wird und der Bindfaden endlich brandig riecht und zerreisst. Mit dieser Erhitzung ist natürlich auch eine Ausdehnung des Glases verbunden. Wird diese Stelle nun durch aufgegossenes kaltes Wasser äusserlich schnell abgekühlt, so müssen die ausgedehnten Glastheilchen sich schnell wieder zusammenziehen, und dieses Zusammenziehen erfolgt an der äusseren Fläche so rasch, dass die nicht so schnell abgekühlten Theile im Inneren der Glasmasse nicht folgen können: das Glas reisst, und zwar um so leichter, je dicker es ist. Bei langsamer Abkühlung findet ein Zerspringen nicht statt.

Hieraus sind die zwei Lehren zu ziehen: a) dass Glas- und Porzellangeschirre, die zum Kochen gebraucht werden sollen, z. B. Kochfläschchen, Kolben, Retorten, Schalen etc., dünne Wände, namentlich am Boden, haben müssen, und b) dass man dieselben beim Gebrauche immer nur langsam erwärmen und langsam abkühlen darf.

Die Methode, Glas durch Sägen mit Bindfaden zu erwärmen, bietet auch dem Chemiker und Apotheker ein sehr einfaches Mittel dar, um Glasgefässe zu öffnen, wenn, wie es gar häufig vorkommt, die Glasstöpsel so fest in dem Halse stecken, dass sie weder durch Drehen noch Klopfen herausgebracht werden kön-

nen. Man hat dann nur nöthig, einen dicken Bindfaden um den Hals zu legen, und mit demselben so lange zu sägen, bis die Oeffnung sich soweit ausgedehnt hat, dass der Stöpsel locker wird.

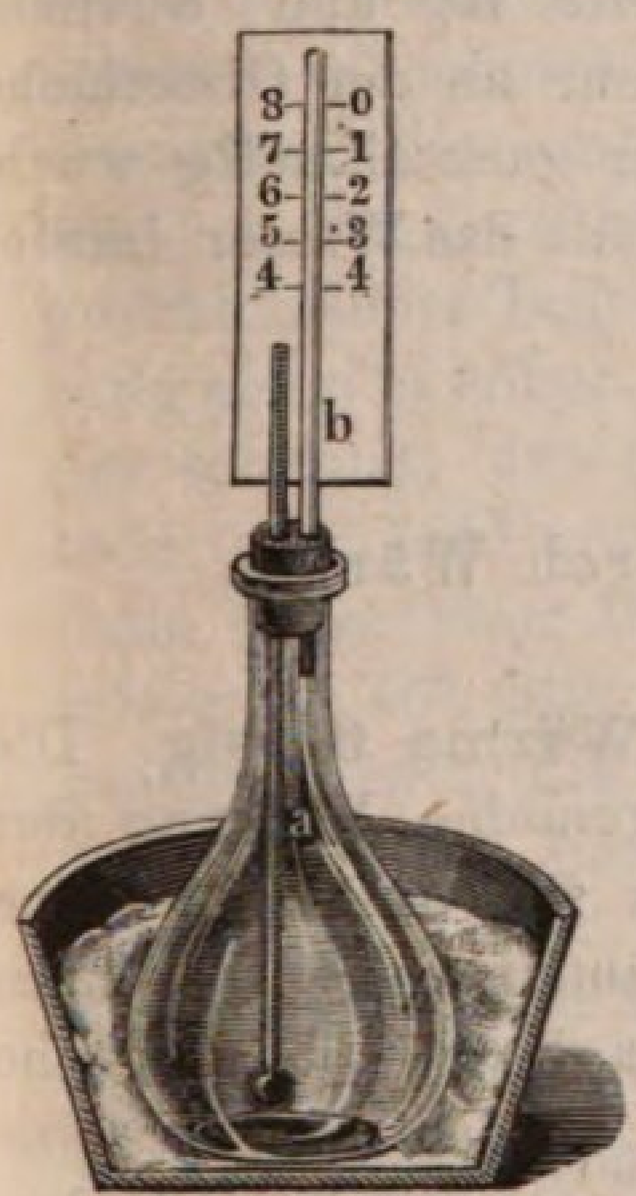
Die Ausdehnung der festen Körper ist gleichfalls verschieden, wie bei den Flüssigkeiten, und in allen Fällen weit geringer als bei den letzteren; am beträchtlichsten ist sie bei den metallischen Körpern.

Ueber die Ausdehnung der gasförmigen Körper durch die Wärme wird bei der Luft das Erforderliche mitgetheilt werden (104.).

28. Ausdehnung des Wassers durch Abkühlung. Eine merkwürdige Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze: dass die Wärme die Körper ausdehnt, die Kälte sie aber zusammenzieht, kommt beim Wasser vor.

Versuch. Ein grösseres Kochfläschchen wird genau so vorgerichtet, wie es bei dem Versuche 24 (Fig. 10) angegeben wurde, nur durchbohrt man den Kork noch ein zweites Mal, um durch diese Oeffnung ein Thermometer (*a*) in die Flüssigkeiten zu tauchen und dadurch deren Temperatur zu bestimmen. Man lässt auch etwas mehr Wasser im Gläschen, so dass es die Röhre *b* bis oben anfüllt. An diese Röhre klebt man mittelst Wachs einen Papierstreifen, auf dem man den Stand des Wassers durch einen Federstrich anzeigen kann, wenn das Thermometer um einen Grad gefallen ist, und setzt dann das Ganze in ein Gefäss voll Schnee. Während des Abkühlens sinkt das Wasser in der Röhre, und zwar so lange, bis das Thermometer 4^0 C. zeigt. Bei noch stärkerer Abkühlung dagegen fällt es nicht weiter, wie man vermuthen sollte, sondern es fängt im Gegentheil wieder zu steigen an und dehnt sich so lange aus, bis es zum Gefrieren kommt. Bei 0^0 hat es gerade die Höhe wieder, auf der es bei 8^0 stand. Das Wasser ist demnach bei $+ 4^0$ am schwersten oder dichtesten; bei allen anderen Flüssigkeiten nimmt die Dichtigkeit hingegen gleichmässig mit der Abkühlung zu.

Fig. 14.



29. Eisbildung im Winter. So bedeutungslos diese Unregelmässigkeit auf den ersten Blick erscheinen mag, zu so hoher Bewunderung muss sie uns doch hinreissen, wenn wir auf die Folgen derselben blicken. Ohne diese Ausnahme würde unser Vaterland ein grönländisches Klima haben. Die Abkühlung unserer Gewässer bei eintretendem Winter erfolgt hauptsächlich durch die kalte Luft, also von oben; das entstandene kältere Wasser ist schwerer, es sinkt folglich zu Boden und das wärmere von unten tritt an seine Stelle, welches wieder abgekühlt wird und niedersinkt. Würde das Wasser bis zu seinem Gefrierpunkt fortwährend dichter, so müsste diese Circulation fortdauern, bis alles Wasser bis zur grössten Tiefe hinab 0^0 erreicht hätte, und einige kalte Tage würden dann hinreichen, unsere Seen und Flüsse bis auf den Grund in Eis zu verwandeln. Dies geschieht aber nicht, weil der gedachte Kreislauf, und mit ihm die schnelle Abkühlung des Wassers, von dem Zeitpunkte an aufhört, wo die Temperatur des Wassers bis auf $+ 4^0$ C. gesunken ist, da das noch mehr erkaltete Wasser dann leichter ist und obenauf schwimmt. Das Gefrieren kann hiernach nur an der Oberfläche stattfinden und die entstandene Eisrinde nur ganz allmälig wachsen. In geringer Tiefe unter derselben behält das Wasser immer eine Temperatur von $+ 4^0$ C.

Schmelzen fester Körper durch Wärme.

30. Feste Körper werden durch Wärme flüssig. Die Ausdehnung der Körper war die erste allgemeine Wirkung der Wärme; an den festen Körpern bemerken wir aber noch eine besondere Wirkung der Wärme: sie verändern nämlich ihren Aggregatzustand, sie werden flüssig, sie schmelzen. Manche werden vor dem Schmelzen erst weich, so dass sich einzelne Stückchen davon zu einem ganzen Stücke zusammenkneten lassen, z. B. Butter, Glas und Eisen; das spröde Glas lässt sich in diesem Zustand biegen und formen wie Wachs, das Eisen schweissen.

Versuch. Man halte eine dünne Glasröhre in den oberen Theil einer Weingeistflamme und drehe sie dabei langsam zwi-

schen den Fingern: sie wird, so wie sie glühend geworden ist, so weich sein, dass man sie beliebig biegen kann. Auf diese Weise kann man sich die mannigfach gebogenen Röhren, die zu chemischen Versuchen gebraucht werden, leicht selbst darstellen. Bei stärkeren Röhren wendet man eine Lampe mit doppeltem Luftzuge an, die eine ungleich stärkere Hitze giebt, als die einfache Weingeistlampe. Das Zerschneiden der Glasröhren geschieht mittelst einer kleinen dreieckigen Feile. Man hat nur nöthig, an der betreffenden Stelle einen kleinen Querstrich mit der Feile zu machen, die Röhre bricht dann, bei gelindem Ziehen oder Biegen, an diesem Orte leicht entzwei.

Die meisten festen Körper werden plötzlich flüssig, wie man dies beim Schmelzen des Eises, des Bleies etc. leicht wahrnehmen kann.

31. Schmelzpunkt. *Versuch.* Man setze eine Tasse voll Schnee oder Eis und eine andere mit einem Stück Talglicht auf einen warmen Ofen und tauche von Zeit zu Zeit ein Thermometer in die schmelzenden Massen: man wird finden, dass das Thermometer in dem ersten Gefässe auf 0⁰, in dem zweiten auf ungefähr 38⁰ C. so lange stehen bleibt, als noch ungeschmolzenes Eis oder ungeschmolzener Talg vorhanden ist. Erst nach vollständiger Schmelzung steigt es höher. Wir nennen den Wärmegrad, bei dem ein Körper schmilzt, den Schmelzpunkt. Er ist überaus verschieden, bald über, bald unter dem Eispunkte; beim Blei z. B. über 300⁰ C., beim Silber über 1000⁰ C.; festes Quecksilber hingegen schmilzt schon bei 40⁰ unter Null. Stellt man die beiden Tassen mit dem geschmolzenen Eis und Talg in die Kälte, so bemerkt man, dass der Talg sehr bald wieder erstarrt, ungefähr bei + 35⁰, das Wasser aber erst dann, wenn es bis zu 0⁰ abgekühlt ist. Das Erstarren oder Gefrieren flüssiger Körper erfolgt also nahezu bei derselben Temperatur, bei welcher dieselben Körper, wenn sie fest sind, flüssig werden oder schmelzen.

Manche Körper, z. B. die Kohle, sind bis jetzt noch nicht zum Schmelzen, andere, z. B. der Weingeist, noch nicht zum Gefrieren gebracht worden; es ist aber sehr wahrscheinlich, dass, wenn wir noch höhere Hitze oder Kälte hervorzubringen lernen, wir dahin kommen werden, alle festen Körper flüssig und alle flüssigen wieder fest zu machen.

32. Beim Schmelzen verschwindet Wärme. *Versuch.* Auf die Kochplatte eines geheizten Ofens stelle man zwei gleich grosse Töpfe, den einen mit 1 Kilogrm. Schnee von 0°, den anderen mit 1 Kilogrm. Wasser von 0°, und entferne sie wieder, wenn der Schnee in dem ersten Gefässe eben geschmolzen ist. Durch das blosse Gefühl schon wird man bemerken, dass das Schneewasser im ersten Gefässe kalt geblieben, das Wasser im zweiten Gefässe aber heiss geworden ist; ein eingetauchtes Thermometer wird in dem ersten 0°, in dem letzteren + 75° C. anzeigen. Da beide Töpfe gleichviel Wärme vom Ofen empfingen und vorher auch gleiche Temperatur hatten, so drängt sich von selbst die Frage auf: wohin sind die 75 Grad Wärme gekommen, die das mit Schnee gefüllte Gefäss erhielt? Als Antwort dient hierauf: sie sind vom Schnee verschluckt worden, und dieser hat dadurch eine flüssige Gestalt angenommen, er ist geschmolzen.

Versuch. In das Gefäss, welches das Kilogramm von dem bis zu 75° C. erhitzten Wasser enthält, schütte man ein Kilogramm Schnee von 0°, und prüfe wieder mit dem Thermometer: das Quecksilber wird bis auf den Eispunkt herabgesunken sein, so wie aller Schnee zergangen ist. Der Schnee hat also auch hier dem heissen Wasser 75° Wärme entzogen und ist dabei flüssig geworden.

33. Beim Erstarren wird Wärme frei. *Versuch.* Die bei dem vorigen Versuche verschwundene Wärme ist keineswegs vernichtet, sie ist im Wasser nur versteckt (latent) und bleibt so lange bei demselben, als es flüssig bleibt; sie wird aber wieder frei oder fühlbar, wenn das Wasser feste Gestalt annimmt. Man nimmt dies sehr deutlich wahr, wenn man auf 100 Grm. gebrannten Kalk 50 Grm. Wasser sprengt; der Kalk bläht sich auf, wird sehr heiss und zerfällt endlich zu einem staubigen Pulver. Wird dieses nach dem Erkalten gewogen, so zeigt sich eine Gewichtszunahme von etwa 30 Grm.; aus 100 Grm. Kalk sind 130 Grm. Kalkpulver (gelöschter Kalk) geworden; das fehlende Wasser ist als Wasserdampf weggegangen. Was die Gewichtszunahme bewirkt hat, das kann nur das Wasser sein, welches sich mit dem Kalk chemisch vereinigte; dieses kann ferner nur in fester Gestalt in dem gelöschten Kalk sein, denn der letztere ist ein ganz trockener, staubiger Körper. Die starke Erhitzung er-

klärt sich theils daraus, dass das Wasser beim Festwerden die Wärme wieder abgab, die es beim Schmelzen verschluckt hatte theils daraus, dass ein Paar Körper sich mit grosser Energie chemisch mit einander verbanden. Ein gleiches Verschwinden von Wärme findet überall statt, wo feste Körper flüssig werden; ein Freiwerden von Wärme dagegen überall, wo flüssige Körper erstarren, und es erklärt sich hieraus ganz einfach, warum z. B. die Luft immer kühl bleibt, so lange der Schnee und das Eis im Frühjahre wegthauen, warum die Kälte bei Schneefall gelinder wird etc.

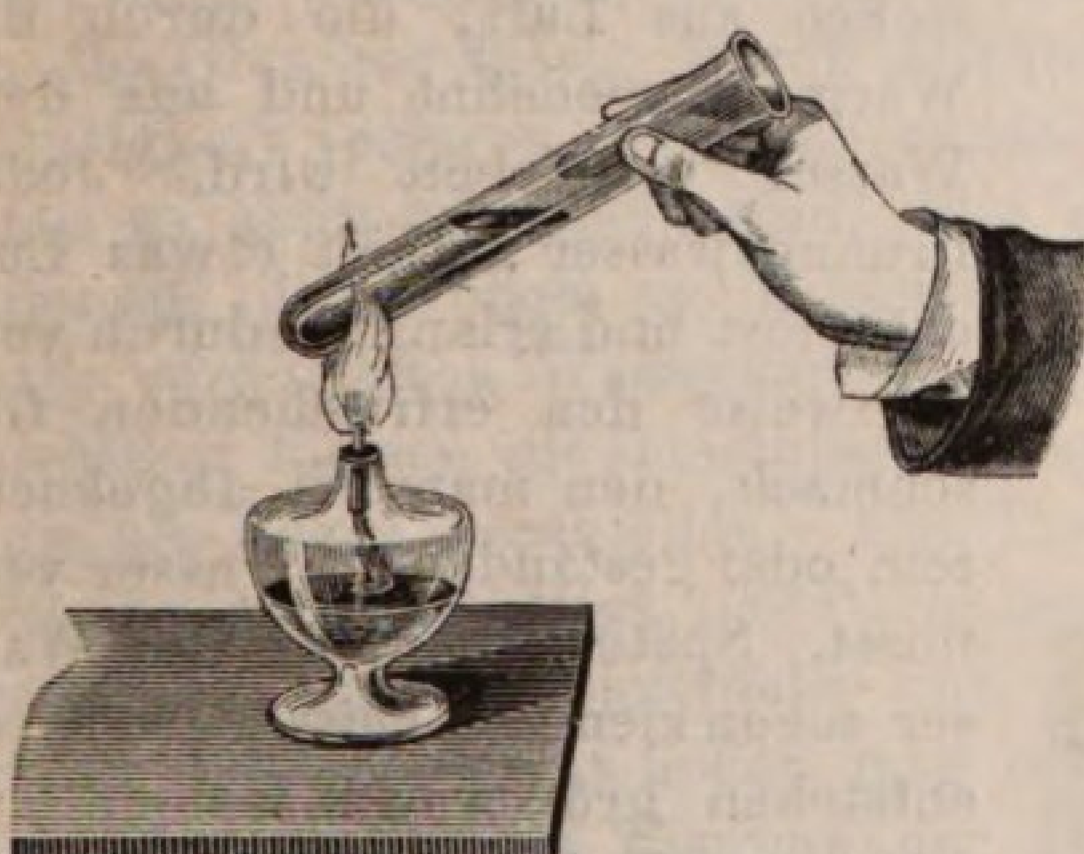
Die Wärme, die wir durch das Gefühl und das Thermometer wahrnehmen, nennen wir freie Wärme; sie haftet nur lose an den Körpern und entweicht beim Abkühlen wieder aus ihnen; die unbemerkbare Wärme dagegen, welcher die tropfbaren Körper ihre Flüssigkeit verdanken, und die nur beim Erstarren derselben wieder entweicht oder frei wird, heisst gebundene oder latente Wärme. Die Flüssigkeiten können sonach als Verbindungen von festen Körpern mit latenter Wärme betrachtet werden.

Kochen und Verdampfen flüssiger Körper.

34. Kochen des Wassers. Das Wasser kocht bekanntlich, wenn es bis auf eine gewisse Temperatur erhitzt wird.

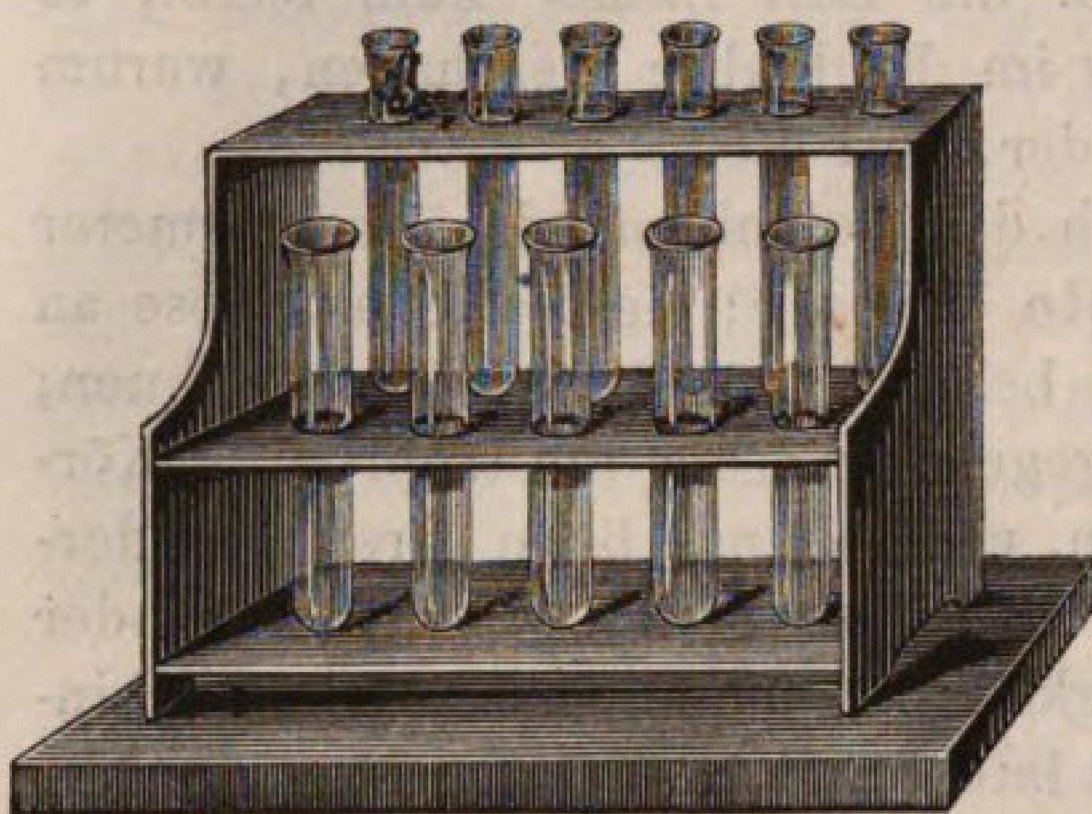
Versuch. In einem Probirgläschen wird Wasser, in welches man einige Sägespäne gestreut hat, über einer Weingeistlampe erhitzt. Das Gläschen wird oben angefasst und anfangs einige Minuten zwischen den Fingern gedreht, damit die Flamme alle Stellen der Bodenfläche gleichmässig treffe und erwärme. Beobachtet man das Wasser genau, so wird man bemerken, dass die leichten Holzspänchen an der oberen Wand des Gläschens in

Fig. 15.



die Höhe, an der unteren herabsteigen; das warm und leichter gewordene Wasser steigt sonach aufwärts und dafür sinkt das kältere, also auch schwerere Wasser herab: das Wasser circulirt. In Folge dieser Kreisbewegung erfolgt die Erwärmung von Flüssigkeiten immer schneller, wenn man das Feuer unter denselben anbringt.

Fig. 16.



Die Probirgläschen sind cylindrische Glasgefässe mit einem halbkugelförmigen Boden. Damit sie beim Kochen nicht springen, muss der Boden gleichförmig ausgeblasen und nicht von zu dickem Glase sein. Zur bequemen Aufstellung derselben dient ein einfaches Holzgestell von nebenstehender Form (Fig. 16).

Fig. 17.



Versuch. Man wiederhole den vorigen Versuch, aber in einem Kochfläschchen und ohne Sägespäne, damit das Wasser durchsichtig bleibe: es werden sich nach kurzer Zeit viele kleine Perlen an den Glaswänden zeigen, die allmälig grösser werden und in die Höhe steigen. Diese Bläschen bestehen aus Luft, die durch die Wärme ausgedehnt und aus dem Wasser vertrieben wird. Jedes Brunnenwasser enthält etwas Luft aufgelöst und erlangt dadurch vorzugsweise den erfrischenden Geschmack, den man bei abgekochtem oder gestandenem Wasser vermisst. Späterhin, wenn das Wasser schon ziemlich heiss geworden, entstehen grössere Bläschen am heisseren Boden des Fläschchens,

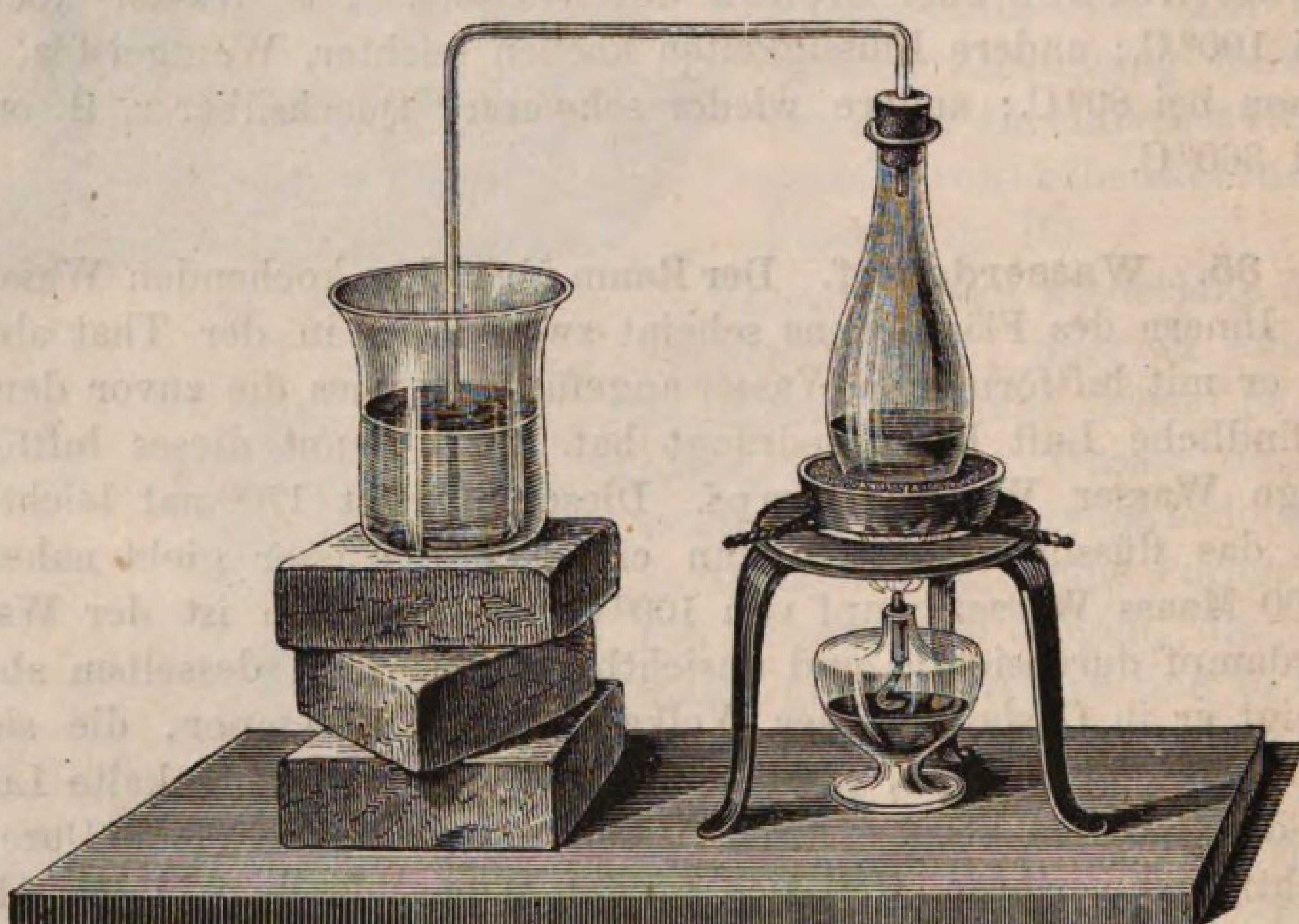
die gleichfalls in die Höhe steigen, aber beim Aufsteigen kleiner werden und wieder vergehen, ehe sie die Oberfläche des Wassers erreicht haben; sie bestehen aus luftförmigem Wasser (Wasserdampf), welches durch die weniger heisse obere Flüssigkeit wieder zu flüssigem wird. Das Zusammenfallen der Wassertheilchen an den Stellen, wo diese Blasen von Wasserdampf verschwinden, verursacht das dem Kochen vorangehende, eigenthümliche Geräusch, welches man gewöhnlich das Singen des Wassers nennt. Ist die ganze Wassermenge bis zu 100° C. erhitzt, so werden diese Blasen nicht mehr unterwegs verdichtet, sondern steigen bis zur Oberfläche und bleiben hier, von einer dünnen Schicht Wasser umgeben, einige Augenblicke auf dem Wasserspiegel, bis sie endlich zerplatzen, weil der Wassermantel sich wieder niedersenkt. Dies ist das Kochen oder Sieden des Wassers. Das Wasser kocht bei 100° C.; andere Flüssigkeiten kochen leichter, Weingeist z. B. schon bei 80° C.; andere wieder schwerer, Quecksilber z. B. erst bei 360° C.

35. Wasserdampf. Der Raum über dem kochenden Wasser im Innern des Fläschchens scheint zwar leer, in der That aber ist er mit luftförmigem Wasser angefüllt, welches die zuvor darin befindliche Luft herausgedrängt hat. Man nennt dieses luftförmige Wasser Wasserdampf. Dieser ist fast 1700mal leichter als das flüssige Wasser, denn ein Maass Wasser giebt nahezu 1700 Maass Wasserdampf von 100° C. Im Gläschen ist der Wasserdampf durchsichtig und unsichtbar, ausserhalb desselben aber steigt er in Gestalt weisser Wolken in die Luft empor, die sich sehr stark vermehren, wenn man durch eine Glasröhre kalte Luft in das Gläschen bläst. Durch Abkühlung geht nämlich die Durchsichtigkeit verloren, weil sich wieder Wasserbläschen bilden, die aber so klein und leicht sind, dass sie in der Luft schwimmen können. Die Wolken am Himmel bestehen gleichfalls aus solchem halb verdichteten Wasserdampf. Bei weiter fortschreitender Verdichtung fliessen die Dunstbläschen zu Tropfen zusammen, welche nun als Regen herabfallen. Ein Thermometer, in das kochende Wasser getaucht, zeigt 100° C., in dem darüber befindlichen durchsichtigen Dampfe gleichfalls nur 100° C. und diese Temperatur steigt durchaus nicht höher, mag man das Kochen noch so lange fortsetzen oder die Flamme der Lampe noch so stark machen.

Es tritt ein ähnlicher Fall ein, wie beim Schmelzen des Schnees: es verschwindet Wärme, und dieses Verschwinden erfolgt auch aus gleicher Ursache wie dort: der Wasserdampf braucht Wärme zu seinem Bestehen und verbindet sich so innig mit derselben, dass sie unfühlbar, dass sie latent wird. Wie Wasser als eine Verbindung von Eis mit latenter Wärme anzusehen ist, so ist Wasserdampf als eine Verbindung von Eis mit noch mehr latenter Wärme zu betrachten, welche letztere erst dann wieder frei werden kann, wenn aus dem Dampfe Wasser wird.

36. Kochen durch Wasserdampf. *Versuch.* Man verbinde eine gebogene Glasröhre durch einen Kork mit einem Kochfläschchen in der Weise, dass der kürzere Schenkel der Röhre in dem

Fig. 18.



Halse des Fläschchens festsitzt, der längere dagegen frei bis auf den Boden eines Becherglases oder eines gewöhnlichen Trinkglases reicht. Hierauf giesse man in jedes dieser zwei Gefässe 100 Grm. eiskaltes Wasser und erwärme das Kochfläschchen auf einem Dreifusse allmälig bis zum Kochen. Die Zeit, welche nöthig ist, um diese 100 Grm. Wasser bis zum Sieden zu erhitzen, wird angemerkt. Man lässt das Sieden so lange fortdauern, bis auch das Wasser in dem Becherglase in wallende Bewegung gerathen ist,

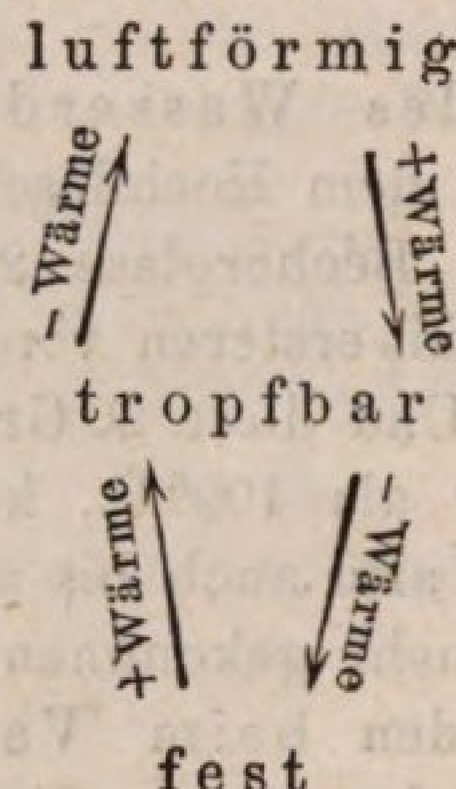
und merkt sich die verflossene Zeit ebenfalls an; sie wird der ersten nahezu gleich sein. Der Wasserdampf, welcher sich beim Erhitzen des Fläschchens bildet, hat keinen anderen Ausweg als den durch die Röhre und das kalte Wasser, in welches die letztere eintaucht; beim Durchgehen durch dieses Wasser wird er aber verdichtet, und zwar so lange, bis auch der Inhalt des zweiten Gefässes 100° C. heiss geworden ist und siedet.

Latente Wärme des Wasserdampfes. Beide Gläser werden nun gewogen: in dem Kochfläschchen wird man 20 Grm. Wasser weniger, in dem Becherglase 20 Grm. mehr finden; es sind also 20 Grm. Wasser im ersteren verdampft, im letzteren wieder verdichtet worden. Und diese 20 Grm. Wasserdampf, welcher selbst nicht heisser war als 100° C., konnten 100 Grm. eiskaltes Wasser bis zum Kochen, also auch bis auf 100° erhitzen! Woher sind diese 500° Wärme mehr gekommen? Antwort: sie waren im Dampfe latent, sie wurden beim Verdampfen gebunden, beim Verdichten wieder frei. Sie stammen auch aus der Spiritusflamme, wie man aus den oben angemerkten Zeilen leicht ersehen kann. Angenommen, die Zeit, die nöthig war, um das Wasser im ersten Fläschchen ins Kochen zu bringen, habe 10 Minuten, und die Zeit von da bis zum Kochen des Wassers im zweiten Gefässe gleichfalls 10 Minuten betragen, so folgt, dass dieselbe Wärmemenge, die gebraucht wurde, um 100 Grm. Wasser von 0° bis 100° C. zu erhitzen, nur hinreichte, um 20 Grm. Wasser zu verdampfen; die ganze Wärme, welche in den letzten 10 Minuten durch die Weingeistlampe entstand, muss also als latente Wärme in den Dampf übergegangen sein. Nahmen 20 Grm. kochendes Wasser beim Verdampfen 500° C. Wärme auf, so muss der entstandene Wasserdampf auch wieder ebenso viel abgeben, wenn er wieder zu flüssigem Wasser wird; er muss also im Stande sein, aus 100 Grm. Wasser von 0° 100 Grm. von 100° zu machen.

Die Eigenschaft des Wasserdampfes, grosse Mengen von Wärme zu binden und sie beim Verdichten wieder abzugeben, macht denselben sehr geeignet zum Erhitzen von anderen Körpern, die man hierdurch zugleich gegen das Anbrennen sichert, da der Dampf in unverschlossenen Gefässen nicht heisser als 100° C. werden kann. In den Apotheken bereitet man Infusionen, Decocte und Extracte durch Dampf; in Haushaltungen kocht

man Speisen damit; in Brennereien destillirt man durch Dampf; in Färbereien und Bleichereien wendet man ihn zum Auskochen und Ausfärben der Stoffe mit Wasser an; in anderen Etablissements zum Heizen der Locale, zum Trocknen u. s. w.

Die Verminderung und Vermehrung der Wärme durch Aenderung des Aggregatzustandes der Körper kann durch nachstehendes Schema anschaulicher gemacht werden. Beim Auf-



steigen in der Richtung der Pfeile (beim Schmelzen und Verdampfen) wird Wärme latent, beim Herabsteigen (beim Verdichten von Dämpfen und beim Erstarren flüssiger Körper) wird Wärme frei.

37. Verdunstung des Wassers. Wasser, in einer Tasse an die Luft gestellt, verschwindet nach und nach, im Sommer schneller, im Winter langsamer: es wird durch die Wärme der Luft luftförmig, es verdunstet. Hierbei geschieht dasselbe, wie bei der Verdampfung, nur allmälig und ohne sichtbare Bewegung des Wassers, weil dieses nur an der Oberfläche, nicht aber zugleich, wie beim Kochen, im Innern luftförmig wird. Der Dampf oder Dunst steigt in unsichtbarer Gestalt in die Luft.

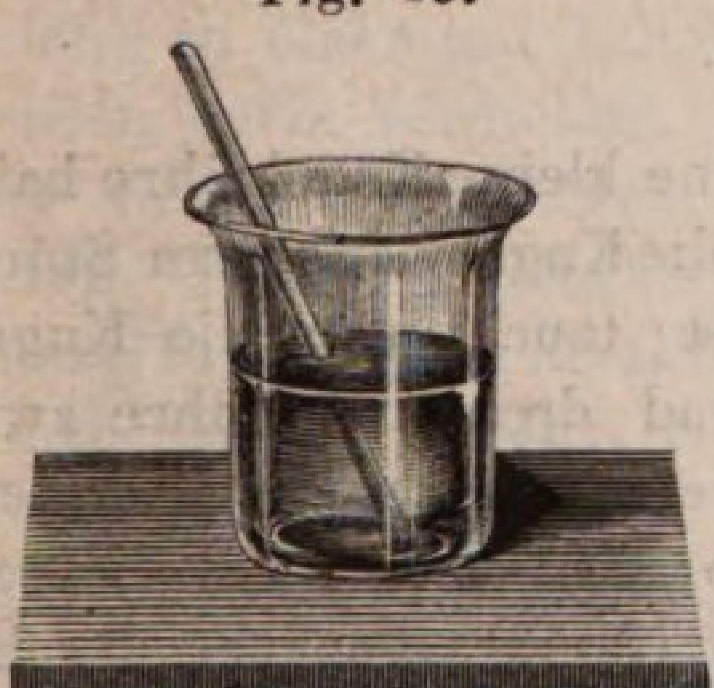
Wassergehalt der Luft. Warme Luft kann zwar mehr Wasserdunst aufnehmen als kalte, immerhin aber nur für jeden Temperaturgrad eine festbestimmte Menge: eine grössere, wenn sie wärmer ist, eine geringere, wenn sie kälter ist. So können 100 Maass Luft bei 0° C. aufnehmen: $^2/_3$ Maass Wasserdunst, bei 10° C. $1^1/_4$ Maass, bei 20° C. $2^1/_8$ Maass u. s. w. Hat die Luft die Quantität Wasserdunst, die sie bei ihrer Temperatur zu fassen vermag, noch nicht aufgenommen, fänden sich z. B. in 100 Maass Luft von 20° nur erst 1 oder $1^1/_2$ Maass davon, so nimmt sie begierig noch mehr auf, und nasse Gegenstände werden darin

durch rasche Verdunstung schnell trocken; wir nennen sie dann trockne Luft. Enthält sie dagegen schon so viel Wasserdunst, als sie bei der Wärme, die sie gerade besitzt, festzuhalten oder, wie man gewöhnlich sagt, aufzulösen im Stande ist, so heisst sie feucht oder mit Dünsten gesättigt, weil feuchte Sachen in ihr nur langsam oder gar nicht trocknen. Kommen zu dieser mit Feuchtigkeit gesättigten Luft noch mehr Dämpfe, oder wird sie abgekühlt, so sondert sich der Ueberschuss in Gestalt von sichtbaren Dunstbläschen aus, die man Nebel nennt, wenn sie auf dem Erdboden aufliegen, Wolken dagegen, wenn sie in höheren Luftregionen schwimmen. Zu Erscheinungen dieser Art gehören ferner: der weisse Rauch, den wir im Winter aus den Schornsteinen aufsteigen sehen, das Sichtbarwerden unsers Athems, wenn wir ihn in kalte Luft aushauchen, das Rauchen der Flüsse zur Winterszeit und nach einem Gewitter etc.

38. Thaupunkt. Erfolgt das Erkalten der Luft durch einen kalten, festen Körper, so setzen sich die verdichteten Dünste an demselben als kleine Wasserbläschen ab, wie wir es an dem Beschlagen eines kalten Glases sehen, das wir in eine warme Stube bringen, oder an dem Anlaufen unserer Fensterscheiben an der inneren Seite, wenn sie durch die kalte äussere Luft abgekühlt werden. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, bezeichnet man mit dem Namen: Thaupunkt; derselbe zeigt uns an, dass bei dieser Temperatur die Luft vollkommen mit Wasserdunst gesättigt sein würde.

Versuch. Um den Thaupunkt zu finden, fülle man ein Trinkglas mit überschlagenem (nicht zu kaltem) Wasser $1/4$ voll, tauche ein Thermometer in dasselbe und setze nun nach und nach in kleinen Zwischenräumen so lange recht kaltes Wasser oder besser Eis hinzu, bis das Glas an der Aussenseite zu beschlagen anfängt. So wie dies geschieht, sieht man nach, wie weit das Quecksilber im Thermometer gesunken ist; der Grad, bei dem es steht, ist als der Thaupunkt der Luft zu betrachten. Muss sehr viel kaltes Wasser

Fig. 19.



zugesetzt werden, ehe das Glas beschlägt, liegt also der Thaupunkt viel tiefer als die Temperatur der Luft, so können wir auf gutes Wetter schliessen; liegen dagegen Thaupunkt und Lufttemperatur nicht weit auseinander, so ist baldiger Regen zu erwarten, weil die Luft in diesem Falle nur noch wenig Wasserdunst zu erhalten oder nur wenig abgekühlt zu werden braucht, um ganz mit Feuchtigkeit gesättigt zu sein. Instrumente, durch welche man die Menge des Wasserdampfes in der Luft bestimmt, heissen Hygrometer (Feuchtigkeitsmesser). Manchen Körpern wohnt eine besondere Fähigkeit inne, die Wasserdünste aus der Luft anzuziehen und dadurch feucht zu werden; solche Körper, z. B. Darmsaiten, Pottasche, Schwefelsäure, frischer Gerstenzucker etc., nennt man hygroskopische.

39. Beschleunigung der Verdunstung. Die Verdunstung kann, ausser durch Wärme, auch durch Luftzug beschleunigt werden, weil hierdurch die über der Flüssigkeit befindliche feuchte und mit Dampf gesättigte Luft weggetrieben und durch trocknere, gleichsam durstigere, ersetzt wird, die den sich bildenden Dampf schneller und in grösserer Menge aufnehmen kann als jene. Daher trocknet der Erdboden nach einem Regen so schnell, wenn windiges Wetter eintritt; daher ist es nothwendig, in den Darren, Trockenstuben und Trockenschränken dafür zu sorgen, dass die Luft, wenn sie sich mit Feuchtigkeit gesättigt hat, abziehen und trocknere an ihre Stelle hinzutreten kann.

Fig. 20.



40. Verdunstungskälte. Dass auch bei der langsamen Verdunstung Wärme verschwindet, gerade wie dies bei der raschen Verdampfung (36) geschah, lässt sich sehr deutlich durch folgenden Versuch zeigen.

Versuch. Man fülle eine kleine Kugelröhre halb voll Wasser und umwickle die Kugel mit einem Stück Watte, das man festbindet; taucht man die Kugel dann in kaltes Wasser und dreht die Röhre zwischen beiden Händen in der Weise, wie man einen Quirl zu drehen pflegt, so wird man nach einiger Zeit schon durchs blosse Gefühl, genauer durchs Thermometer, finden, dass das Wasser in der Ku-

gel sehr viel kälter geworden ist. Befeuchtet man die Kugel mit Aether, einer sehr flüchtigen, d. h. sehr leicht verdunstenden Flüssigkeit, und bewegt sie wieder nach der angegebenen Art, so kann man, selbst im Sommer, ihren Inhalt leicht in Eis verwandeln. Wasser verdunstet langsam, Aether schnell; beide bedürfen Wärme, um sich in Dampf zu verwandeln; diese entnehmen sie von dem Wasser in der Kugel, daher die Erkaltung desselben. Man nennt diese Kälte Verdunstungskälte, und wir können sie leicht durch unser Gefühl wahrnehmen, wenn wir aus dem Bade steigen, wenn wir nasse Kleider tragen, oder wenn wir die Dielen eines warmen Zimmers mit Wasser besprengen. Durch sie wird der Mensch in den Stand gesetzt, die Sonnengluth des heissesten Klimas, ja selbst eine Hitze von 100° C. auszuhalten, ohne dass sein Blut heisser wird als 38° bis 40° C.; er schwitzt nur stärker, und alle Wärme über 40° C. wird latent, indem sie den Schweiss verdunstet. Blasen wir auf heisse Suppe, so ist es gleichfalls die vermehrte Verdunstung, welche dieselbe schneller abkühlt; blasen wir dagegen im Winter in die kalten Hände, so bethauen diese und werden erwärmt, weil die in dem Wasserdunste des Athems enthaltene latente Wärme frei werden muss, so wie der Dunst sich zu flüssigem Wasser verdichtet.

41. Destillation des Wassers. Erfolgt die Verdichtung des Wasserdampfes in einem verschlossenen Raume, so können wir das gebildete Wasser sammeln.

Versuch. Eine kleine Glasretorte (eine Glaskugel mit umgebogenem Halse) wird zur Hälfte mit Wasser angefüllt und erhitzt: die sich bildenden Dämpfe gehen durch den Hals der Retorte in eine gläserne Vorlage mit geradem Halse (Kolben), welche in einer mit kaltem Wasser gefüllten Schüssel liegt, und werden darin verdichtet. Die Vorlage wird zu besserer Abkühlung mit grobem Löschpapier belegt, welches man häufig mit kaltem Wasser befeuchtet. Man nennt diese Operation eine Destillation (von *destillare*, herabtröpfeln), und das gewonnene reinere Wasser „destillirtes“. Reiner als Brunnenwasser ist es aus dem Grunde, weil die fast in jedem Brunnenwasser enthaltenen, nicht flüchtigen, erdigen und salzigen Theile nicht mit verdampft werden, sondern in der Retorte zurückbleiben. In der Natur findet ein ähnlicher Destillationsprocess mit dem Was-

ser im Grossen statt, indem dieses durch die Wärme verdunstet und durch Abkühlung als Regen, Schnee oder Thau wieder ver-

Fig. 21.



dichtet wird. Regenwasser ist daher, mit Ausnahme der ersten Portionen, welche Staub, Ammoniak, Kohlensäure etc. enthalten, dem destillirten Wasser gleich zu achten. Durch die Destillation lassen sich auch leichtflüchtige Körper von schwerflüchtigen trennen, wie z. B. bei der Destillation von Branntwein der leichter flüchtige Weingeist von dem zurückbleibenden, weniger flüchtigen Wasser. Zu Destillationen im Grossen wendet man gewöhnlich kupferne Blasen an, und zum Abkühlen Kühlfässer mit schlangenförmig hin und her gewundenen Röhren, in welchen letzteren die Dämpfe einen längeren Weg zurückzulegen haben und demnach vollständiger verdichtet werden, als wenn das Rohr gerade durch das Fass hindurchgeht. Das in den Kühlfässern befindliche Wasser erhitzt sich durch die bei der Verdichtung des Wasserdampfes freiwerdende Wärme sehr bald, und es ist daher dafür zu sorgen, dass das heisse Wasser oben abfliessen, unten aber kaltes Wasser dafür hinzutreten kann.

Specifische Wärme der Körper.

42. Um auf einen bestimmten Temperaturgrad zu gelangen, brauchen die verschiedenen Körper bei gleichem Gewicht sehr verschiedene Wärmemengen, am wenigsten die Metalle,

mehr Steine und Erden, noch mehr das Eis, am meisten das flüssige Wasser. Man kann diese Verschiedenheit leicht wahrnehmen, wenn man Körper von verschiedener Temperatur mit einander mischt und die entstehenden Mitteltemperaturen beobachtet.

Versuch. Man gebe in drei Kochfläschchen gleiche Gewichte von Wasser von 10° C., dann schütte man in das eine dasselbe Gewicht von Wasser à 60° C., in das andere dasselbe Gewicht von Terpentinöl à 60° C., in das dritte dasselbe Gewicht von Eisenfeile à 60° C., schüttle den Inhalt tüchtig durcheinander und lese nun von einem eingetauchten Thermometer die Temperatur desselben ab. Man wird etwa finden: Gleiche Gewichte

1.	2.	3.
von Wasser à 60°,	von Terpentinöl à 60°,	von Eisen à 60°,
„ Wasser à 10°,	„ Wasser . . à 10°,	„ Wasser à 10°,
zeigen . . . 35°	zeigen 24°	zeigen . . . 15°.

Das warme Wasser hat 25° abgegeben und dadurch die Temperatur des kalten Wassers um 25° erhöht.

Das warme Terpentinöl hat 36° abgegeben, dadurch aber die Temperatur des kalten Wassers nur um 14° erhöht.

Die warme Eisenfeile hat 45° abgegeben, dadurch aber die Temperatur des kalten Wassers nur um 5° erhöht.

Das Wasser besitzt hiernach eine weit grössere Fassungskraft für Wärme oder Wärmecapacität als Terpentinöl und Eisen, es schliesst bei gleicher Temperatur etwa $2\frac{1}{2}$mal soviel Wärme in sich als das Terpentinöl ($^{14}/_{36}$) und 9mal so viel Wärme als das Eisenmetall ($^{5}/_{45}$). Die Wärmemenge, die ein Körper aufnimmt, wenn ein Gewichtstheil um 1° C. wärmer wird, heisst die specifische Wärme; sie wird in Zahlen angegeben, welche sich auf die specifische Wärme des Wassers als Einheit beziehen, wie folgende Beispiele zeigen.

Specifische Wärme zwischen 0° und 100° C. (abgerundet).

Wasser	1,00	Schwefel, Glas, Thon .	0,20
Alkohol	0,64	Eisen	0,11
Aether, Baumöl, Eis .	0,50	Zink, Kupfer	0,09
Terpentinöl	0,42	Silber, Zinn	0,05.

Aus der grossen specifischen Wärme des Wassers erklärt sich unter Anderem das im Vergleich zum Binnenlande weit gleichmässigere und mildere Klima der Küstengegenden und Inseln. Das Meer häuft im Sommer einen grossen Wärmevorrath in sich an, den es im Winter allmälig wieder an die Luft abgiebt.

Bei den chemischen Verbindungsgesetzen werden noch besondere chemische Beziehungen der specifischen Wärme zur Erwähnung gelangen.

Verbreitung der Wärme.

43. Wärmeleitung. *Versuch.* Ein Probirgläschen wird ziemlich voll Wasser gefüllt und so über eine Spirituslampe gehalten, dass die Flamme die oberen Schichten des Wassers erhitzt: das Wasser wird oben kochen, unten aber ganz kalt bleiben. Behandelte man Quecksilber auf gleiche Weise, so würden auch die untersten Schichten desselben nach und nach erwärmt werden. Man sieht: die Quecksilbertheilchen theilen einander die Wärme mit, die Wassertheilchen nicht. Körper, in denen sich, wie im Quecksilber, die Wärme schnell ausbreitet, heissen gute Wärmeleiter; Körper aber, die sich dem Wasser ähnlich verhalten, schlechte Wärmeleiter. Zu den ersteren gehören vorzugsweise die metallischen Körper, zu den letzteren: Stein, Glas, Holz, Schnee, Wasser und ganz besonders die weichen Körper, als: Tuch, Pelz, Leinwand, Stroh, Papier, Asche u. s. w.

Fig. 22.



Die guten Wärmeleiter werden schnell warm und schnell wieder kalt, wie wir an den eisernen Oefen leicht bemerken können. Ein Stück Eisen fühlt sich in der Sonne heisser, im Schat-

ten kälter an als ein Stück Holz von gleicher Temperatur; diese Täuschung des Gefühls erklärt sich dadurch, dass das wärmere Eisen der Hand schneller Wärme zuführt, das kältere derselben hingegen schneller Wärme entzieht, als es das schlechter leitende Holz vermag.

Die schlechten Wärmeleiter werden nur langsam erwärmt, erkalten aber auch langsamer; aus diesem Grunde halten aus Ziegelsteinen erbaute Oefen, sogenannte russische, und die aus Thon bereiteten Kachelöfen länger warm als eiserne. Wir benutzen schlechte Wärmeleiter sehr häufig, um in dem einen Falle ein schnelles Heisswerden, in dem anderen ein schnelles Kaltwerden der Körper zu verhindern. Glas- und Porzellangefässe werden mit Sand oder Asche umgeben (Sandbad) und dann erst erhitzt, um sie allmälig zu erwärmen und dadurch das Zerspringen derselben seltener zu machen (Fig. 18 und 21). Erfolgt die Erwärmung durch Eingiessen einer heissen Flüssigkeit, so muss man erst nur eine kleine Quantität davon hineinbringen und diese einige Zeit darin herumschwenken, ehe man mehr zusetzt. Beim Entfernen vom Feuer gilt es als eine wichtige Vorsichtsmaassregel, die heissen Gefässe nie auf Metall oder Stein, sondern immer auf schlechte Leiter, als: Stroh (Strohkränze), Holz, Papier, Tuch u. s. w. zu stellen; im entgegengesetzten Falle entstehen durch plötzliche Abkühlung und Zusammenziehung leicht Risse, ja diese können oft schon durch einen kalten Luftzug hervorgebracht werden. Um sich beim Anfassen heisser metallener Geräthschaften, z. B. der Ofenthüren, Plattglocken, vor Verbrennung zu schützen, versieht man diese mit Holzgriffen. Will man Kochfläschchen oder Probirgläschen, während Flüssigkeiten darin kochen, in der Hand halten, so umwickle man sie an der Stelle, wo sie angefasst werden, mehrfach mit Papier oder Bindfaden, damit sich ein schlechter Leiter zwischen dem heissen Glase und den Fingern befinde. Wie wir im Stande sind, das Eindringen der Kälte in die Körper, oder richtiger das Entweichen der Wärme aus denselben, dadurch zu verhindern, dass wir sie mit schlechten Wärmeleitern umgeben: das sehen wir an unseren Kleidungsstücken, an Brunnen und Bäumen etc., wenn wir sie mit Stroh umwickeln, an den Saaten auf unseren Feldern, wenn diese mit Schnee bedeckt sind, und an unzähligen anderen Erscheinungen

im gewöhnlichen Leben. Man nennt die schlechten Wärmeleiter aus diesem Grunde auch gute Wärmehalter.

44. Wärmestrahlung. Durch Leitung können Körper einander nur dann Wärme mittheilen oder entziehen, wenn sie sich berühren. Wir fühlen aber auch Wärme, wenn wir mehre Schritte von einem Feuer oder einem heissen Ofen entfernt bleiben, und bemerken, dass die Sonne die Erde erwärmt, obgleich zwischen beiden ein Raum von Millionen Meilen liegt. Diese Art der Erwärmung nennt man Wärmestrahlung.

Erwärmung durch Strahlung. *Versuch.* Man umwickle drei mit kaltem Wasser gefüllte Trinkgläser mit Papier, und zwar das eine mit Silber-, das andere mit weissem, das dritte mit nicht glänzendem, schwarzem Papier, und stelle die Gläser in die Sonne: ein eingetauchtes Thermometer wird zeigen, dass das schwarze Glas am stärksten, das silberglänzende am wenigsten erwärmt wird, obgleich alle Gefässe gleichviel Sonnenstrahlen bekommen. Diese Verschiedenheit erklärt sich dadurch, dass die Sonnenstrahlen von hellfarbigen und glänzenden Körpern zum grössten Theile abprallen (sie werden zurückgeworfen oder reflectirt), während sie von Körpern, die eine dunkle Farbe haben und nicht glänzen, zum grössten Theile verschluckt (absorbirt) werden. Im letzteren Falle werden mit dem Licht zugleich die meisten Wärmestrahlen der Sonne absorbirt und diese bewirken die grössere Erhöhung der Temperatur. Hieraus erklärt sich: warum schwarze Kleider uns wärmer halten als weisse; warum der Schnee schneller wegschmilzt, wenn man Russ oder dunkle Erde auf ihn streut; warum Weintrauben, Obst etc. an dunkeln Wänden schneller reifen als an Wänden von heller Farbe u. a. m.

Erkaltung durch Strahlung. *Versuch.* Man giesse heisses Wasser in die mit Papier umwickelten Gläser und beobachte die Abkühlung desselben durch das Thermometer; es findet jetzt eine entgegengesetzte Temperaturveränderung statt, das geschwärzte Glas wird am schnellsten, das in Silberpapier eingewickelte am langsamsten kalt, weil Körper mit matter Oberfläche die Wärme schneller ausstrahlen als Körper mit glänzender Oberfläche. Aus diesem Grunde bleibt Kaffee in einer

blanken Kanne länger heiss als in einer berussten, ein Ofen von glasirten glänzenden Kacheln länger heiss als ein anderer mit unglasirten, matten Kacheln, ein polirter eiserner Ofen länger als ein gleicher mit rauher Gussoberfläche etc.

Durch die Wärmestrahlung sind wir im Stande, uns einige allgemein verbreitete Naturerscheinungen zu erklären, die ausserdem sehr räthselhaft erscheinen müssten. Warum vermögen die Sonnenstrahlen den Schnee auf hohen Bergen, die doch der Sonne näher liegen als die ebenen Theile der Erde, selbst im heissesten Sommer nicht zu schmelzen? Weil sie nur dann erwärmend wirken, wenn sie auf Körper treffen, welche die Wärme derselben zu absorbiren vermögen, z. B. auf die rauhe Erdoberfläche. Der Schnee wird zwar auch von den Sonnenstrahlen getroffen, allein als ein weisser und glänzender Körper wirft er sie wieder zurück und bleibt kalt.

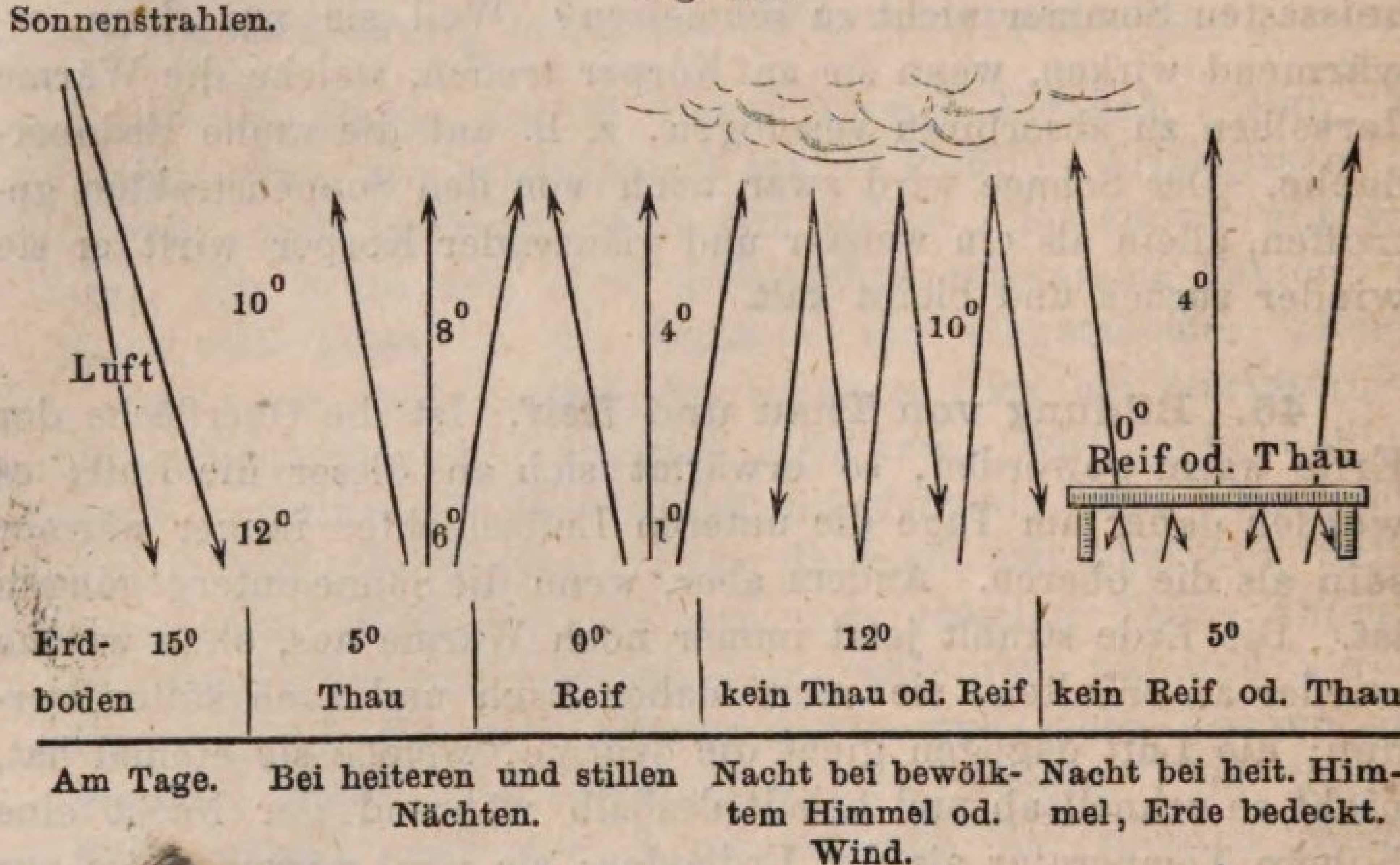
45. Bildung von Thau und Reif. Ist die Oberfläche der Erde warm geworden, so erwärmt sich an dieser die Luft; es werden daher am Tage die unteren Luftschichten immer wärmer sein als die oberen. Anders aber, wenn die Sonne untergegangen ist. Die Erde strahlt jetzt immer noch Wärme aus, ohne welche wieder zu erhalten, sie muss daher nach und nach kälter werden; die Luft dagegen giebt die Wärme, welche sie einmal hat, nicht so schnell ab und behält deshalb während der Nacht eine höhere Temperatur als der Erdboden; sie wird vorzugsweise nur da abgekühlt, wo sie auf der kälteren Erde ruht. Geht diese Abkühlung bis unter den Thaupunkt der Luft (38.), so setzen sich die verdichteten Dünste an dem Erdboden oder an den darauf wachsenden Pflanzen als kleine Tröpfchen ab, gerade wie sich Wassertröpfchen aus einer warmen Stubenluft an einem kalten, in dieselbe gebrachten Trinkglase niederschlagen: es entsteht Thau. Sinkt die Temperatur der Erdoberfläche in einer Nacht bis zum Eispunkte oder unter denselben, so werden die Wasserdünste in fester Gestalt niedergeschlagen und heissen dann Reif.

Die Wärmeausstrahlung der Erde ist am stärksten, wenn der Himmel heiter und die Luft ruhig ist; sie wird dagegen verhindert durch Wolken und Wind, und deshalb thaut es nur bei heiteren und windstillen Nächten reichlich. Die Wolken wirken hierbei wie ein Schirm, durch den man sich vor der Hitze

4*

eines Ofens schützt, sie werfen nämlich die bis zu ihnen emporgedrungenen Wärmestrahlen wieder auf die Erde zurück, so dass die letztere sich nur wenig abkühlen kann. Dasselbe thun auch die Bastmatten, Strohdecken und Bretter, welche die Gärtner über junge Pflanzen decken, um sie bei Spätfrösten im Frühjahre vor dem Erfrieren zu schützen. Die beistehenden Figuren, auf welchen die Richtung der Wärmestrahlen durch Pfeile angegeben ist, mögen diese Vorgänge anschaulicher machen.

Fig. 23.



Auflösen und Krystallisiren.

46. Wasser als Lösungsmittel. Das Wasser vermag sehr viele feste Körper flüssig zu machen und sich innig mit denselben zu verbinden, ohne dass es seine Duchsichtigkeit verliert; man nennt solche Verbindungen Auflösungen. Trifft das Regenwasser in dem Erdboden oder in den Gebirgsarten, durch welche es hindurchsickert, lösliche Substanzen an, so löst es diese auf, und es erklärt sich hieraus, warum fast alles Quellwasser beim Verdunsten einen erdigen oder salzigen Rückstand hinterlässt. Häufig wird dieser Rückstand, besonders dann, wenn er Kalktheile enthält, während des Abdampfens so verändert, dass er sich nicht wieder im Wasser auflöst und eine steinartige Kruste um die Wände der Kochgefässe bildet (Pfannen- oder Kesselstein).

Der Karlsbader Sprudel setzt so viel Pfannenstein ab, dass in denselben gelegte Gegenstände in kurzer Zeit äusserlich versteinert oder incrustirt erscheinen. Ist ein Wasser sehr reich an aufgelösten Stoffen, besonders an solchen, welche eine Heilkraft besitzen, z. B. an Eisen, Schwefel, Salzen etc., so erhält es den Namen Mineralwasser oder Gesundbrunnen. Das Meerwasser enthält gegen 3 Procent aufgelöste Substanzen.

47. Schwerlösliche Körper. *Versuch.* Man übergiesse einen Theelöffel voll gelöschten Kalkes (33.) in einer Flasche mit $^1/_4$ Liter Wasser, verstopfe das Glas und lasse es, nachdem man es einige Minuten durchschüttelt hat, so lange ruhig stehen, bis das Wasser wieder vollkommen klar geworden ist. Durch vorsichtiges Neigen des Glases lässt sich der grösste Theil der Flüssigkeit abgiessen, ohne dass der Bodensatz mit ausfliesst. Man nennt diese Operation Decantiren, die klare Flüssigkeit Kalkwasser. Der Kalk ist sehr schwer löslich in Wasser; 1 Grm. davon braucht beinahe 800 Grm. Wasser, um aufgelöst zu werden, der Ueberschuss desselben bleibt ungelöst und setzt sich, da Kalk schwerer ist als Wasser, zu Boden. Dass sich in der Flüssigkeit etwas aufgelöster Kalk befinde, zeigt schon der eigenthümliche Geschmack derselben. Dieser Geschmack heisst alkalisch oder laugenhaft.

Einen Theil des Kalkwassers bewahre man in einem wohlverstopften Gefässe zu weiterem Gebrauche auf: das Wasser wird durchsichtig und klar bleiben; den anderen Theil stelle man in einem offenen Trinkglase an die Luft: das Wasser wird bald trübe werden und sich mit einem Häutchen überziehen, welches nach und nach stärker wird und zu Boden fällt. Ist das Wasser nach einigen Tagen wieder klar geworden, so schmeckt es nicht mehr alkalisch; der vorher darin aufgelöste Kalk ist an der Luft chemisch verändert und dabei unlöslich geworden, er findet sich in pulverförmiger Gestalt am Boden des Gefässes.

48. Lösen von Lackmus. *Versuch.* 10 Grm. käuflicher Lackmus wird in einem Fläschchen mit 60 Grm. Wasser übergossen und so lange an einen warmen Ort gestellt, bis die Flüssigkeit eine dunkelblaue Farbe angenommen hat. Lackmus besteht aus einem blauen Farbstoff, der in Wasser löslich ist und daher von diesem ausgezogen wird; ausserdem enthält der Lackmus aber auch erdige Theile, welche unlöslich sind und als Schlamm

zurückbleiben. Man könnte diese beiden Stoffe zwar auch, wie bei dem vorigen Versuche, durch Absetzen und Abgiessen von einander trennen, dies lässt sich aber auch, und zwar schneller, durch Filtriren bewirken. Zu dem Ende schneidet man sich aus einem Bogen Fliess- oder Löschpapier ein kreisförmiges Stück aus, bricht dieses doppelt zusammen und stellt den so erhaltenen Papiertrichter (Filtrum) in einen Glastrichter. Zwischen das Papier und Glas kommen einige dünne Holz- oder Glasstäbe, damit das erstere sich nicht zu fest an die Glaswände anlege; eben so hat man dafür zu sorgen, dass zwischen der Trichterröhre und dem Halse der Glasflasche, in welche die filtrirte Flüssigkeit läuft, eine Oeffnung bleibe zum Entweichen der Luft aus der Flasche, weil ausserdem die Flüssigkeit nicht aus dem Trichter ablaufen kann. Dies erreicht man am einfachsten durch ein Stückchen von dünnem Bindfaden, welches man in den Hals der Flasche einklemmt. Das Filtrum, welches nie höher sein darf als der Trichter, wird zuvor mit Wasser angefeuchtet, ehe man die Flüssigkeit aufgiesst. Das Fliesspapier besteht aus feinen, zusammengefilzten Leinwand- oder Baumwollenfasern, zwischen denen sich kleine Zwischenräume oder Poren befinden, durch welche wohl Flüssigkeiten, nicht aber pulverige, feste Theile dringen können; die letzteren bleiben daher auf dem Filtrum zurück. Bei dem Schreibpapier sind diese Poren durch Leim, Harzseife oder Stärkekleister zugeklebt, es kann aus diesem Grunde nicht zum Filtriren angewendet werden.

Fig. 24.

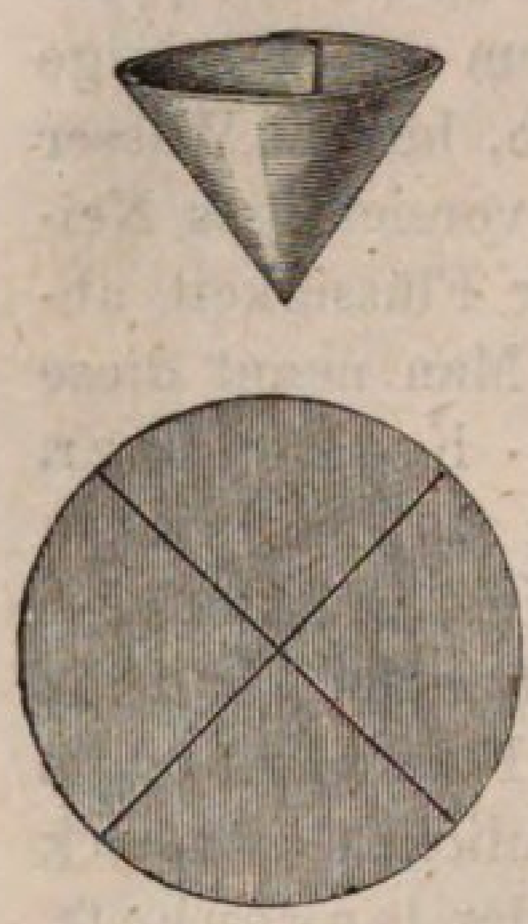


Fig. 25.



49. Probirpapiere. *Versuch.* Von der erhaltenen Lackmusauflösung (Tinctur) giesse man einen Theil in eine Tasse und ziehe Streifen von feinem Fliesspapier oder auch von Briefpapier ein oder einige Male hindurch, bis dieselben eine deutlich blaue Farbe angenommen haben. Die getrockneten Streifen werden unter dem Namen blaues Lackmus- oder Probirpapier in einer Schachtel aufbewahrt; sie werden durch Essig, Citronensaft und alle sauren Flüssigkeiten roth, und man erkennt dadurch, ob eine Flüssigkeit sauer sei (sauer reagire) oder nicht.

Versuch. Ein anderer Theil der Lackmustinctur wird vorsichtig mit soviel Citronensaft versetzt, dass die blaue Farbe deutlich roth erscheint, und dann gleichfalls zum Färben von Papier verwendet. Das rothe Probirpapier dient zur Erkennung der den Säuren entgegengesetzten alkalischen oder basischen Körper, welche dasselbe wieder blau machen, wie man leicht sehen kann, wenn man es in Kalkwasser oder angefeuchtete Asche hält.

50. Leichtlösliche Körper. *Versuch.* Zu 40 Grm. kaltem Wasser setze man nach und nach unter stetem Umrühren so lange gestossenen Salpeter, als derselbe noch darin zergeht: man wird ungefähr 10 Grm. brauchen; was darüber hinzugesetzt wird, bleibt ungelöst am Boden liegen. Man nennt diese Auflösung eine kalt gesättigte. Erhitzt man dieselbe bis zum Kochen und fügt von Neuem Salpeter hinzu, so wird man noch nahezu 80 Grm. hinzusetzen können, ehe die Flüssigkeit wieder gesättigt ist. Ein in diese kochend gesättigte Lösung gehaltenes Thermometer wird ungefähr bis auf 110⁰ steigen, während es in kochendem Wasser nur eine Höhe von 100⁰ erreicht; alle Salzlösungen kochen schwerer als Wasser und gefrieren auch schwerer. Wie der Salpeter, so verhalten sich alle im Wasser löslichen Körper: sie werden nämlich von letzterem nur in einer bestimmten Menge aufgenommen; bei den meisten gilt es als Regel, dass heisses Wasser mehr von ihnen auflösen kann als kaltes.

51. Krystallisiren durch Abkühlung. *Versuch.* Giesst man die bei dem vorigen Versuche gewonnene Lösung heiss in ein vorher angewärmtes Porzellanschälchen und lässt sie ruhig stehen, bis sie ganz erkaltet ist, so scheiden sich die zuletzt zugesetzten 80 Grm. Salpeter wieder in fester Gestalt aus, aber nicht

als Pulver, sondern als regelmässig gebildete Säulen. Diese Säulen sind sechsseitig und haben oben eine zweiflächige, einem Dache ähnliche Zuspitzung; wir nennen sie Salpeterkrystalle. An jedem Krystalle unterscheidet man äusserlich: Flächen, Kanten und Ecken, gleichsam als ob derselbe aus einzelnen, dreieckigen, vier- oder mehreckigen Stücken zusammengesetzt oder künstlich geschliffen wäre; ja diese Regelmässigkeit findet sich auch im Innern desselben, wie man zuweilen bemerken kann, wenn man einen durchsichtigen Krystall gegen das Licht hält und langsam umdreht, oder wenn man ihn zerschlägt, wobei die einzelnen kleinen Bruchstücke oft wieder dieselbe regelmässige Gestalt zeigen, welche der ganze Krystall hatte. Wir finden also auch in der leblosen Natur eine geheimnissvolle Gewalt — ähnlich der, welche die Biene nöthigt, sich eine sechseckige Wohnung zu erbauen, oder die Kartoffel, immer eine fünfeckige Blume und fünf Staubfäden zu erzeugen —, durch welche die kleinsten Theilchen der Körper, die man Molecule nennt, gezwungen werden, sich nach einer bestimmten Richtung und Ordnung an einander zu legen und sich auf diese Weise zu einer regelmässigen Form zu gestalten. Dies kann aber nur geschehen, wenn ein Körper flüssig oder luftförmig ist, weil nur in diesem Zustande eine freie Bewegung der Molecule möglich ist. Dies kann ferner nur geschehen, wenn man den letzteren Zeit lässt zu dieser Bewegung; es werden daher die Krystalle immer um so regelmässiger ausfallen, je langsamer sie entstehen. Von den prachtvollen Krystallen, die wir aus der Tiefe der Erde herausgraben, mögen viele wohl Tausende von Jahren zu ihrer Ausbildung gebraucht haben.

Fig. 26.



52. Gestörte Krystallisation. *Versuch.* Die über den beim vorigen Versuche gewonnenen Salpeterkrystallen stehende Flüssigkeit dampfe man bei gelindem Feuer so weit ein, bis sich auf ihrer Oberfläche ein Salzhäutchen zeigt, dann entferne man das Feuer und lasse die Auflösung unter stetem Umrühren mit einem Holzstäbchen erkalten. Man wird auf diese Weise keine ganzen Salpeterkrystalle, sondern Salpeterpulver erhalten.

Die erwähnte Flüssigkeit ist als eine kalt gesättigte Salpeter-

auflösung anzusehen und enthält ungefähr noch 10 Grm. Salpeter aufgelöst. Wird von ihr durch Verdampfen so viel Wasser entfernt, dass die noch übrige Menge des letzteren nur eben noch hinreicht, um den Salpeter in der Hitze aufgelöst zu erhalten, so fangen sich auf der kühleren Oberfläche Krystallchen an auszuscheiden, und zwar in der Gestalt eines dünnen Häutchens (Salzhäutchen), welches also anzeigt, dass die Flüssigkeit wieder heiss gesättigt ist. Würde man die letztere jetzt ruhig erkalten lassen, so erhielte man abermals feste Krystalle (zweiter Anschuss); rührt man aber fortwährend um, so werden dieselhen in dem Augenblicke, wo sie sich bilden, zerbrochen, und das Product ist bei langsamer Bewegung ein grobes, bei schneller Bewegung ein sehr feines Pulver. Man nennt dies eine gestörte Krystallisation. Ein anderes recht deutliches Beispiel dieser Art kommt beim Zucker vor; dieselbe Zuckerlösung, welche bei ruhigem Erkalten den Kandiszucker liefert, giebt durch gestörte Krystallisation den gewöhnlichen Hutzucker.

53. Krystallisiren durch Abdampfung. *Versuch.* Man schütte zu kochendem Wasser so viel Kochsalz, als sich darin auflöst, und lasse die Auflösung erkalten: es bilden sich keine Krystalle, weil das Kochsalz sich ebenso leicht und in ebenso grosser Menge in kaltem Wasser löst als in heissem. Die Hälfte des Salzwassers dampfe man nun über einer Spirituslampe ein; die andere Hälfte aber stelle man an einen warmen Ort: man wird in dem ersten Falle unregelmässige Salzkörner, in letzterem, aber erst nach einigen Tagen, regelmässige kleine Salzwürfel erhalten.

54. Trennung von Körpern durch Krystallisation. *Versuch.* Man löse einen Löffel voll Kochsalz und Salpeter in lauem Wasser auf und stelle die Auflösung an einen warmen Ort, damit das Wasser allmälig verdunste: die beiden Salze, welche in der Auflösung aufs Innigste mit einander vermischt sind, werden beim Krystallisiren sich wieder aufs Vollständigste von einander trennen. Der Salpeter scheidet sich in langen Säulen aus, und enthält keine Spur von Kochsalz; dieses krystallisirt in Würfeln, die ganz frei sind von Salpetertheilchen. Es fand also irgend eine Anziehung zwischen den Salz- und Salpetertheilchen nicht statt, sondern es lagerten sich bei ihrer Abscheidung aus der

Lösung durch das Verdunsten des Wassers nur die gleichartigen Salztheilchen in regelmässiger Form an einander, gerade so als wenn nur eins dieser beiden Salze allein in dem Wasser gelöst gewesen wäre.

55. Chemisch gebundenes Wasser. Krystallwasser. Das Wasser nimmt in unserem Himmelsstriche nur in der kalten Jahreszeit feste Gestalt an, und es ist bekannt genug, dass es im Schnee wie im Eise oft die regelmässigsten Krystalle bildet. Wir finden es aber auch noch in fester Form in sehr vielen Körpern, in denen man es nicht vermuthen sollte; 100 Grm. Eisenrost z. B. enthalten 15 Grm., 100 Grm. gelöschter Kalk 24 Grm. Wasser, und doch erscheinen beide ganz trocken. Dieses Wasser heisst chemisch gebunden; es ist innig vereinigt mit anderen festen Stoffen, zu denen es Verwandtschaft hat. Solche Verbindungen fester Körper mit Wasser werden Hydrate genannt. Auch in Salzen wird es häufig angetroffen, wie man an dem bekannten Glaubersalze auf eine einfache Weise sehen kann.

Versuch. Man lege 20 Grm. krystallisirtes Glaubersalz an einen warmen Ort: es wird bald seine Durchsichtigkeit verlieren und endlich zu einem weissen Pulver zerfallen (verwittern), welches kaum noch 10 Grm. wiegt. Was verloren gegangen, war Wasser, und man bemerkt deutlich, dass dieses Wasser es zugleich war, welches dem Glaubersalze seine Krystallform und seine Durchsichtigkeit ertheilte; es entweicht und die Form verschwindet, und mit dieser zugleich die Durchsichtigkeit. Man nennt aus diesem Grunde das Wasser, welches die Krystallform vieler Salze bedingt, Krystallwasser. Salpeter und Kochsalz, auf gleiche Weise behandelt, verlieren nichts von ihrem Gewichte und werden auch nicht undurchsichtig oder pulverig; sie enthalten kein chemisch gebundenes Wasser.

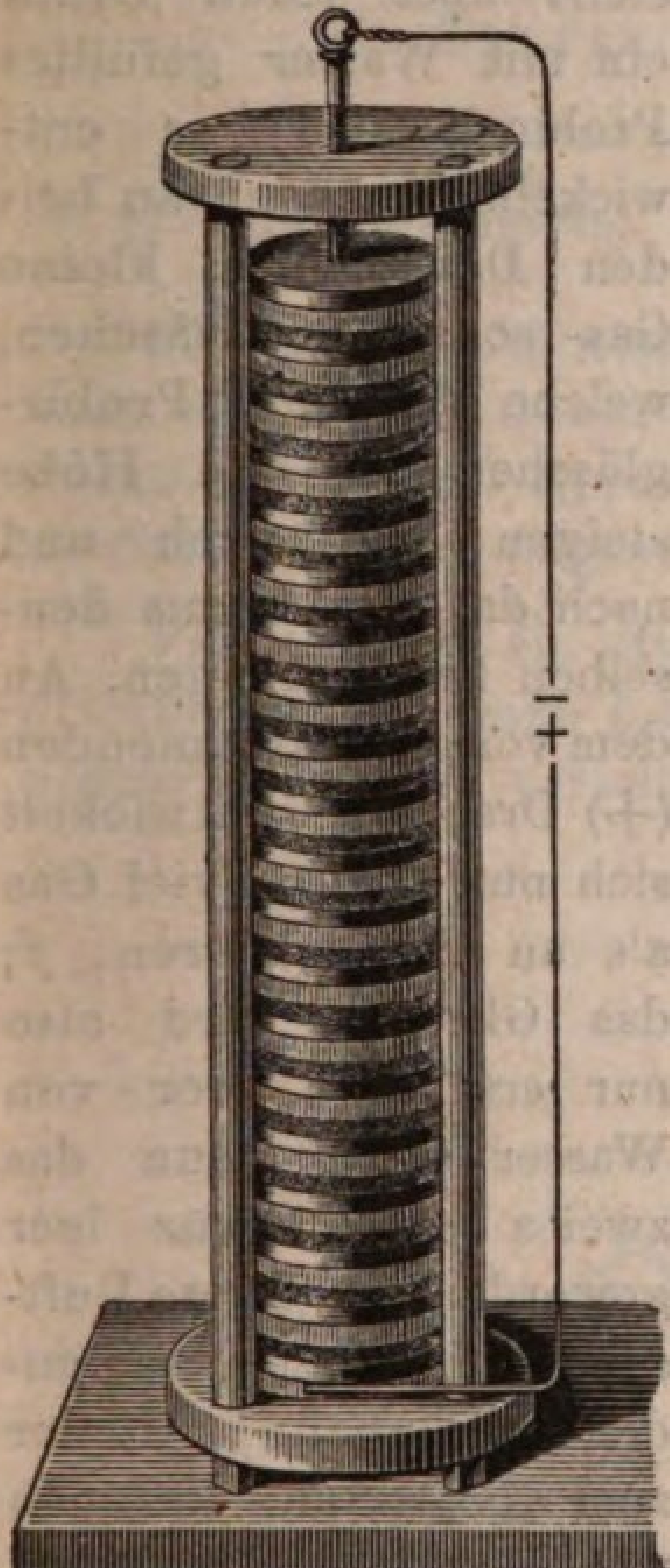
Bestandtheile des Wassers.

— 1783 zuerst von Lavoisier nachgewiesen. —

56. Wasserzerlegung. Ausser der Elektricität, die wir im Grossen in der majestätischen Erscheinung des Blitzes bewundern, im Kleinen aber durch Reiben verschiedenartiger Körper an einander

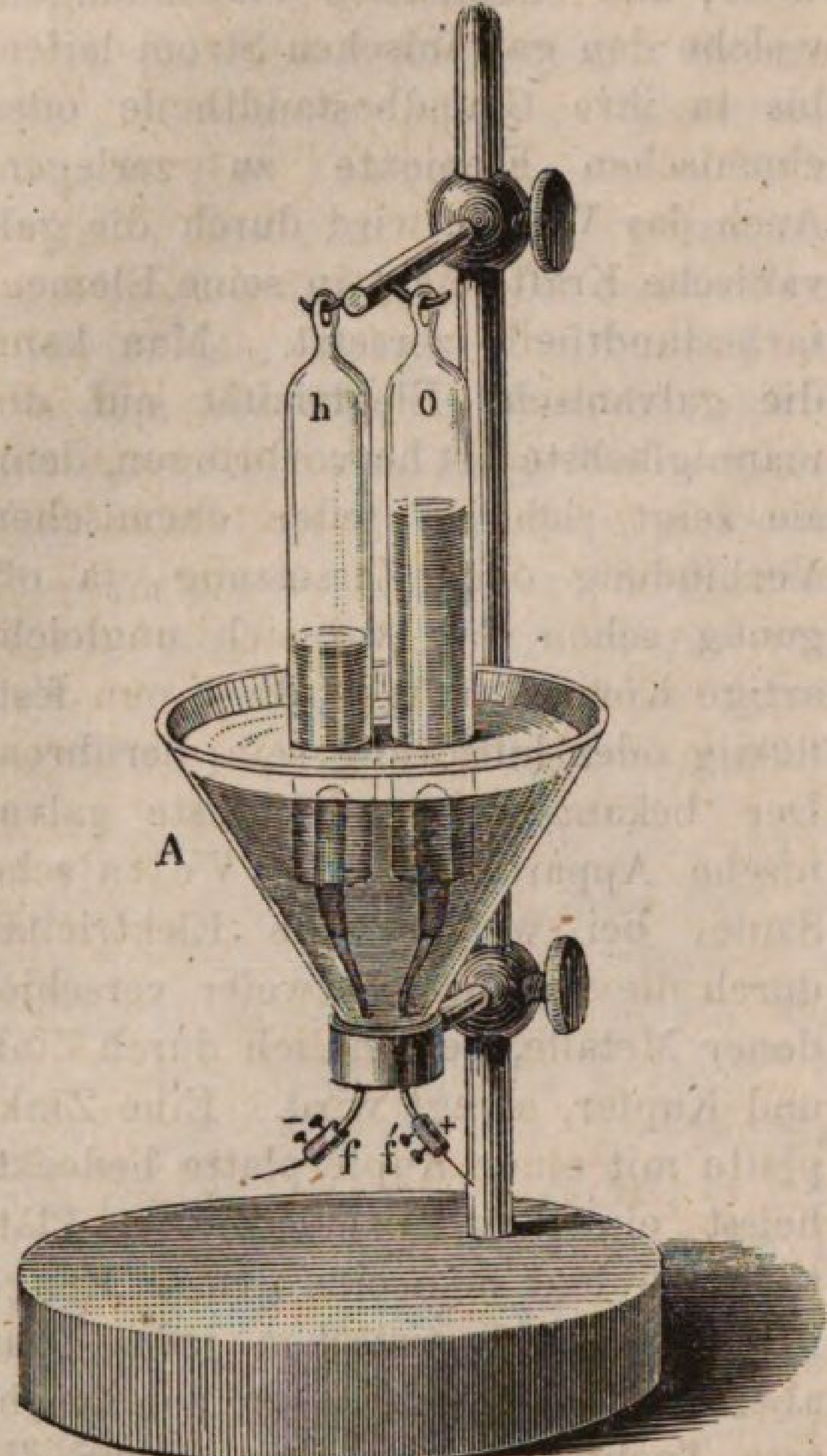
erzeugen, unterscheidet man noch eine zweite Art von Elektricität, welche man galvanische Kraft oder G a l v a n i s m u s nennt. Diese ist für die Chemie von hoher Wichtigkeit geworden, weil man durch sie in den Stand gesetzt wurde, alle chemischen Verbindungen, welche den galvanischen Strom leiten, bis in ihre Grundbestandtheile oder chemischen Elemente zu zerlegen. Auch das Wasser wird durch die galvanische Kraft leicht in seine Elementarbestandtheile zersetzt. Man kann die galvanische Elektricität auf die mannigfachste Art hervorbringen, denn sie zeigt sich bei jeder chemischen Verbindung oder Zersetzung, ja oft genug schon da, wo sich ungleichartige Körper, mögen diese nun fest, flüssig oder luftförmig sein, berühren. Der bekannteste und älteste galvanische Apparat ist die V o l t a'sche Säule, bei welcher die Elektricität durch die Berührung zweier verschiedener Metalle, gewöhnlich durch Zink und Kupfer, erregt wird. Eine Zinkplatte mit einer Kupferplatte bedeckt, heisst ein Plattenpaar; solcher Plattenpaare legt man eine grosse Menge über einander, zwischen jedes Paar aber eine mit Salzwasser angefeuchtete Tuchscheibe, so dass, wenn die Säule unten mit Zink anfängt, sie oben mit einer Kupferplatte schliesst. Diese beiden Endplatten heissen die Pole (Zink- oder + Pol und Kupfer- oder — Pol); sie werden mit Metalldrähten versehen, um den elektrischen oder galvanischen Strom, welcher in der Säule entsteht, an beliebige Orte leiten zu können. Wenn die beiden Drähte einander bis auf eine sehr kleine Entfernung genähert werden, so sieht man Funken von dem einen Drahte zum anderen überspringen; dies ist ein Zeichen des galvanischen Stromes, der sich durch ähnliche Lichterscheinungen zu erkennen giebt, wie der elektrische Strom in einer Elektrisirmaschine.

Fig. 27.



Um mit dieser Säule Wasser zu zersetzen, leitet man die beiden Drähte, an deren Enden man zu diesem Versuche Platin-Drähte oder -Blättchen befestigt hat, in ein Gefäss mit Wasser und stellt über jeden Draht ein mit Wasser gefülltes Probirgläschen; es entwickeln sich dann an beiden Drahtenden kleine Gas- oder Luftbläschen, welche in den Probirgläschen in die Höhe steigen und nach und nach das Wasser aus denselben herausdrängen. An dem vom Zink kommenden (+) Drahte f' entwickelt sich nur halb so viel Gas als an dem anderen, f; das Gläschen wird also nur erst halb leer von Wasser sein, wenn das zweite schon ganz leer geworden ist. Diese Luftart bringt einen glimmenden Holzspahn wieder zum lebhaften Brennen mit Flamme: sie heisst Sauerstoffgas (O). Die vom Kupferende (—) ausgehende Luft löscht einen eingetauchten glimmenden Span aus, sie brennt aber selbst, wenn man eine Lichtflamme darüber hält: sie heisst Wasserstoffgas (H). Dies sind die Bestandtheile des Wassers. Wir sagen: das Wasser besteht aus 1 Maass (Volumen) Sauerstoffgas und aus 2 Maass Wasserstoffgas. Aus einem Maass flüssigen Wassers würde man mehre Tausend Maasse von diesen zwei Luftarten erhalten, wenn man dasselbe in seine Bestandtheile zerlegte.

Fig 28.



Nichtmetalle oder Metalloide.

Erste Gruppe: Organogene.

Sauerstoff oder Oxygen (O).

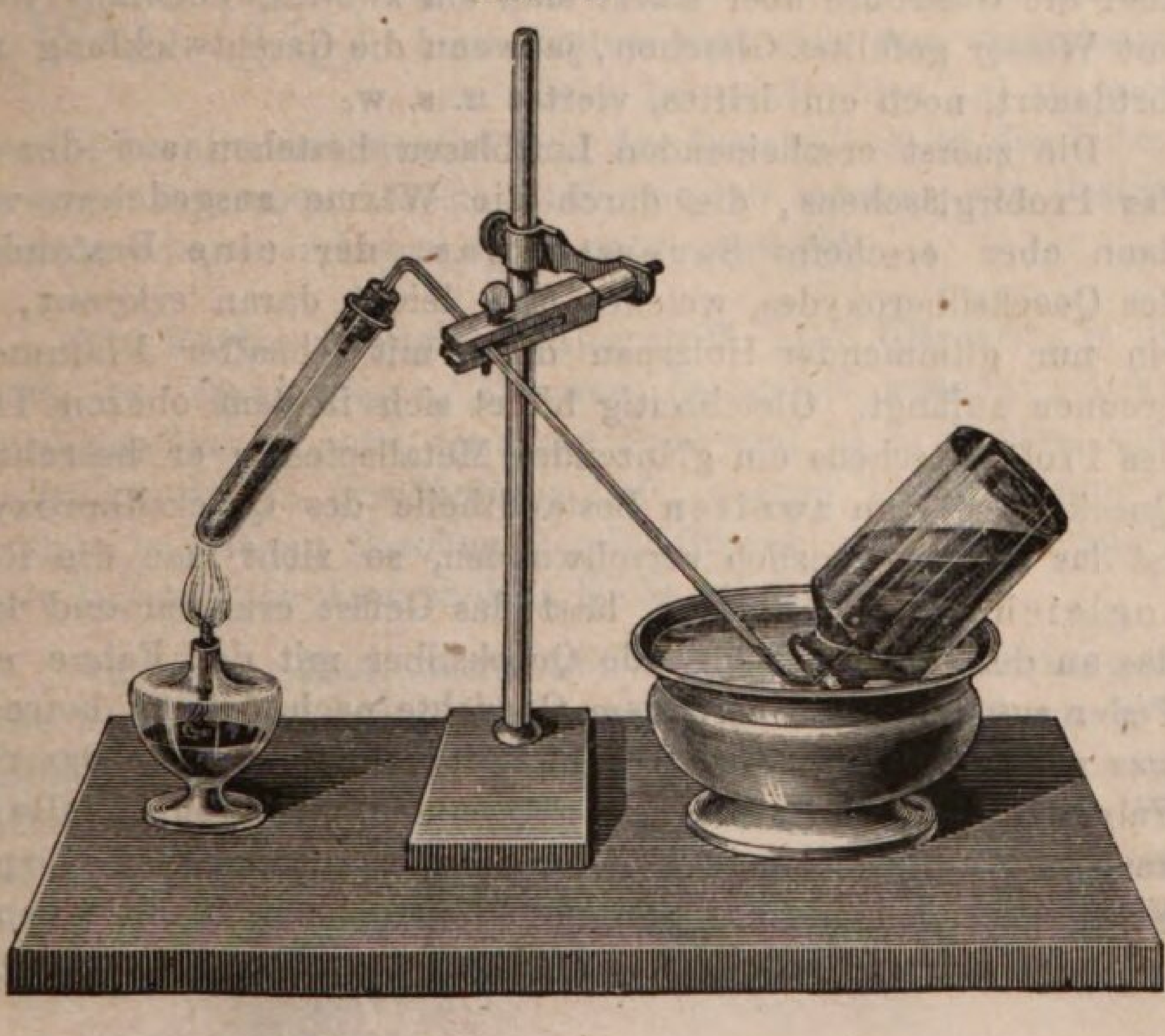
(Aeq.-Gew. = 8. — Specif. Gew. = 1,1.) O = 16

— 1774 fast gleichzeitig von **Priestley** und **Scheele** entdeckt. —

57. Sauerstoff aus Quecksilberoxyd. Aus dem Wasser lässt sich der Sauerstoff in grösserer Menge nur durch sehr starke galvanische Apparate darstellen; auf eine einfachere Weise gewinnt man ihn folgendermaassen:

Versuch. In ein etwas langes, aber nicht zu dünnes Probirgläschen schütte man 5,4 Grm. rothes Quecksilberoxyd (unpräparirtes) und verschliesse die Oeffnung mit einem Korke,

Fig. 29.



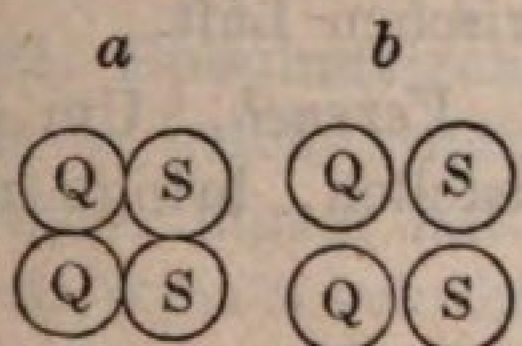
durch welchen eine ∽förmig gebogene Glasröhre geht, deren anderes Ende in eine mit Wasser gefüllte Schüssel eintaucht. Man hängt die Glasröhre entweder mittelst eines Bindfadens oder Drahtes auf, oder spannt sie in einen Retortenhalter. Der Retortenhalter ist ein mit einer verschiebbaren Klemme versehenes Holzgestell, durch welches sich Glasgefässe auf die bequemste Weise festhalten lassen, wie dies Fig. 29 (a. v. S.) zeigt. Hierauf erhitzt man das Gläschen so lange, bis alles Quecksilberoxyd verschwunden ist. Das rothe Pulver wird bei steigender Hitze schwarz, während aus der Glasröhre Luftblasen aufsteigen, die man in einem darüber gehaltenen Gläschen auffängt. Dieses Gläschen wird zuvor mit Wasser gefüllt und dann umgedreht, nachdem man die Oeffnung mit dem Finger oder mit einer kleinen Glasscheibe verschlossen hat. Entfernt man den Finger erst, wenn das Gläschen in das Wasser der Schüssel eintaucht, so läuft nichts heraus; dies geschieht vielmehr erst dann, wenn Luftblasen in dasselbe treten, die ihrer grösseren Leichtigkeit wegen in die Höhe steigen und das Wasser herausdrängen. Ist das Gläschen leer, so nimmt man es weg und verstopft es mit einem Korke; über die Glasröhre aber stürzt man ein zweites, ebenfalls vorher mit Wasser gefülltes Gläschen, ja wenn die Gasentwicklung noch fortdauert, noch ein drittes, viertes u. s. w.

Die zuerst erscheinenden Luftblasen bestehen aus der Luft des Probirgläschens, die durch die Wärme ausgedehnt wird; dann aber erscheint Sauerstoffgas, der eine Bestandtheil des Quecksilberoxydes, welches man leicht daran erkennt, dass ein nur glimmender Holzspan darin mit lebhafter Flamme zu brennen anfängt. Gleichzeitig bildet sich in dem oberen Theile des Probirgläschens ein glänzender Metallspiegel; er besteht aus Quecksilber, dem zweiten Bestandtheile des Quecksilberoxydes. Ist das letztere gänzlich verschwunden, so zieht man die Röhre sogleich aus dem Wasser, lässt das Gefäss erkalten und kehrt das an den Wänden hängende Quecksilber mit der Fahne einer Feder zusammen: es wird dem Gewichte nach 5 Grm. betragen; was an 5,4 Grm. fehlt, (0,4 Grm.) ist Sauerstoff gewesen. Das rothe Pulver bestand also aus einem glänzenden, schweren Metalle und aus einer Luftart, zwei einander so ganz unähnlichen Körpern. Vereinigt man beide auf geeignete Weise chemisch mit einander, so treten sie, und zwar genau in dem angegebenen Gewichtsver-

hältnisse, wieder zu rothem Oxyd zusammen, einem Körper, in dem die Eigenschaften des Quecksilbers, wie die des Sauerstoffs, aufs Vollständigste verschwunden sind.

58. Zerlegungskraft der Wärme. Dieser Versuch zeigt ferner, wie die Kraft der Wärme allein im Stande ist, eine chemische Verbindung, oder was dasselbe ist, die Verwandtschaft zweier Körper zu einander aufzuheben. Man kann sich dies so erklären: Die Kraft der chemischen Verwandtschaft wirkt nur in der grössten Nähe, also nur dann, wenn die Körper sich aufs Innigste berühren; die Wärme wirkt dieser Kraft entgegen, denn sie dehnt die Körper aus und entfernt die Theilchen derselben, die man sich als mit einer Wärmehülle oder Wärmesphäre umkleidet vorzustellen hat, von einander. In der Kälte oder bei gewöhnlicher Temperatur liegen die einzelnen Quecksilber- und Sauerstofftheilchen einander so nahe, dass die chemische Kraft sie zusammenzuhalten vermag (*a*); in der Hitze aber werden sie so weit aus einander gerückt (*b*), dass sie aus dem Gebiete der chemischen Anziehung heraustreten und sich von einander trennen. Dies geschieht hier um so leichter, weil sowohl der Sauerstoff wie das Quecksilber in der Hitze ein grosses Bestreben haben, luftförmig zu werden, ein Bestreben, welches der chemischen Kraft entgegenwirkt.

Fig. 30.



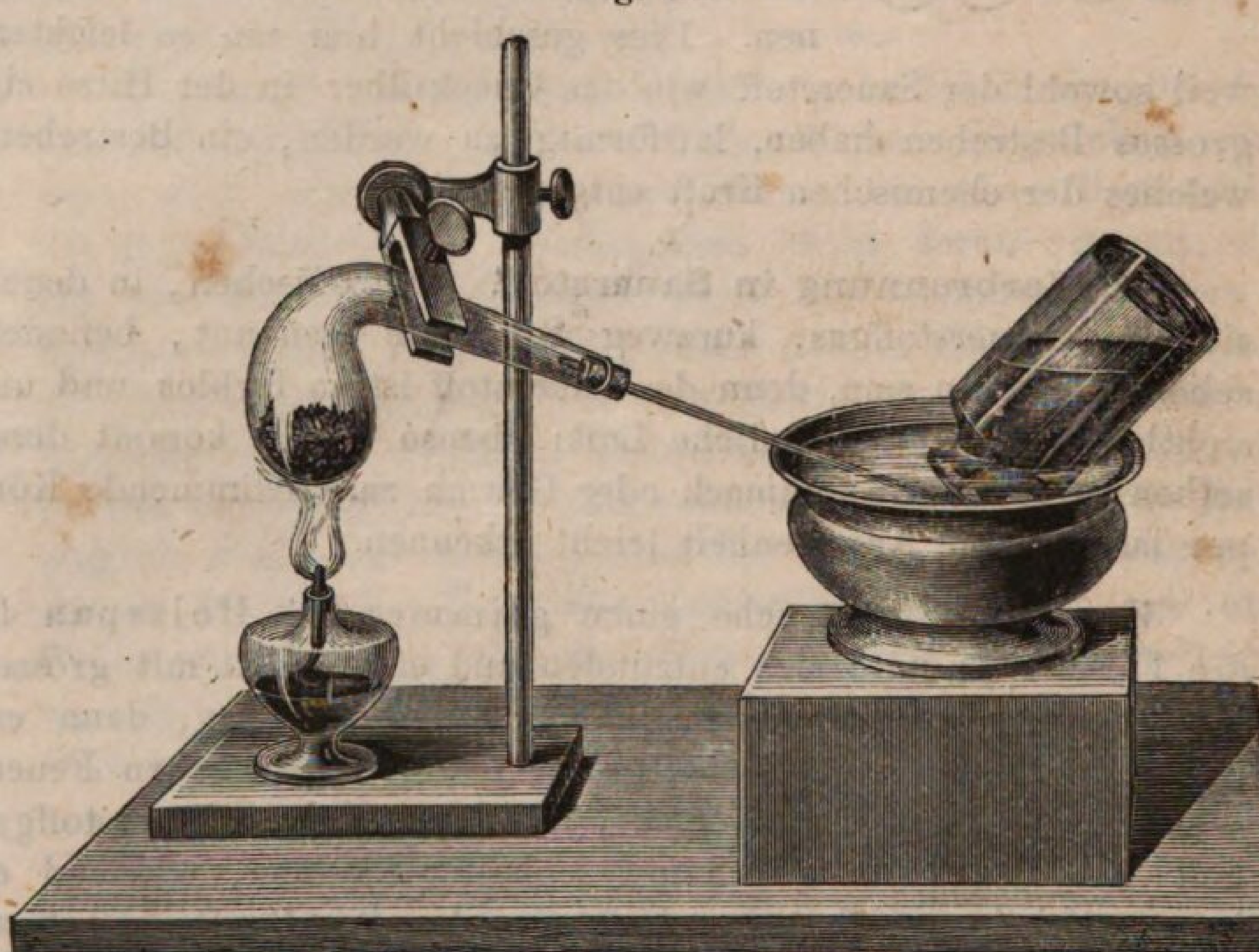
59. Verbrennung in Sauerstoff. Die Gläschen, in denen sich das Sauerstoffgas, kurzweg Sauerstoff genannt, befindet, scheinen leer zu sein, denn der Sauerstoff ist so farblos und unsichtbar wie die gewöhnliche Luft; ebenso wenig kommt demselben irgend ein Geschmack oder Geruch zu. Glimmende Körper lassen seine Anwesenheit leicht erkennen.

Versuch. Man tauche einen glimmenden Holzspan in die Flasche: er wird sich entzünden und einige Zeit mit grosser Lebhaftigkeit und sehr blendender Flamme brennen, dann erlöschen. Dasselbe geschieht, wenn man ein Stückchen Feuerschwamm an einen Draht steckt, anzündet und in Sauerstoffgas hält: der Schwamm brennt mit lebhafter Flamme, während er bekanntlich in gewöhnlicher Luft nur glimmt. Das Sauerstoffgas

besitzt zu den Bestandtheilen des Holzes und Schwammes in höherer Temperatur eine sehr starke Verwandtschaft, d. h. es verbindet sich mit grosser Energie mit denselben, und dabei entwickelt sich, in Folge dieser Verbindung, Wärme und Licht. Ist die Vereinigung erfolgt und der Sauerstoff verzehrt, so hört das Brennen auf. Das Product der Verbrennung, das verbrannte, d. h. mit Sauerstoff verbundene Holz, ist auch luftförmig, in dieser Luftart erlöschen aber brennende Körper. Schwenkt man das Glas einige Male schnell durch die Luft, so gehen die durch die Verbrennung gebildeten Luftarten heraus und atmosphärische Luft tritt dafür ein; in dieser befindet sich freier Sauerstoff und ein brennender Holzspan kann jetzt wieder einige Zeit darin brennen. Er brennt, aber ungleich langsamer und weniger hell als in reinem Sauerstoff, weil die gewöhnliche Luft nur zum fünften Theile aus Sauerstoff besteht. Diesemnach müssen die Verbrennungen in reinem Sauerstoff ungefähr fünfmal schneller und heftiger stattfinden als in der atmosphärischen Luft.

60. Sauerstoff aus chlorsaurem Kali. *Versuch.* Um sich eine grössere Menge von Sauerstoffgas darzustellen, bringe man

Fig. 31.



10 Grm. chlorsaures Kali in eine kleine Glasretorte, welche, wie in Fig. 29, mit einer nicht zu engen Glasröhre verbunden und in einen Retortenhalter geklemmt wird. Die Retorte ist von der Grösse zu wählen, dass ihr kugliger Theil nur bis zu $1/3$ von dem Salze angefüllt wird. Beim Erhitzen geräth das Salz zuerst ins Schmelzen, später ins Kochen; das Kochen wird durch Entbindung von Sauerstoffgas bewirkt, welches man, wie bei 57, in $1/2$ Literflaschen so auffängt, dass etwa ein Paar Theelöffel Wasser in jeder Flasche zurückbleiben. Sowie das Kochen beginnt, wird die Flamme etwas kleiner gemacht, damit die Masse nicht zu hoch aufschäume. Ist die Gasentwicklung zu Ende, so zieht man die Glasröhre schnell aus dem Wasser. Vermengt man das chlorsaure Kali, durch blosses Zusammenreiben mit den Fingern auf einem Blatt Papier, mit seinem gleichen Gewicht Braunstein, so wird die Gasentwicklung ausserordentlich beschleunigt.

61. Pneumatische Wanne. Beim Auffangen von Gasarten würde es beschwerlich sein, die zur Aufnahme derselben bestimmten Gläser immer mit den Händen festzuhalten; diese Unbequemlichkeit wird durch folgende Vorrichtung vermieden. Man schlage

Fig. 32.

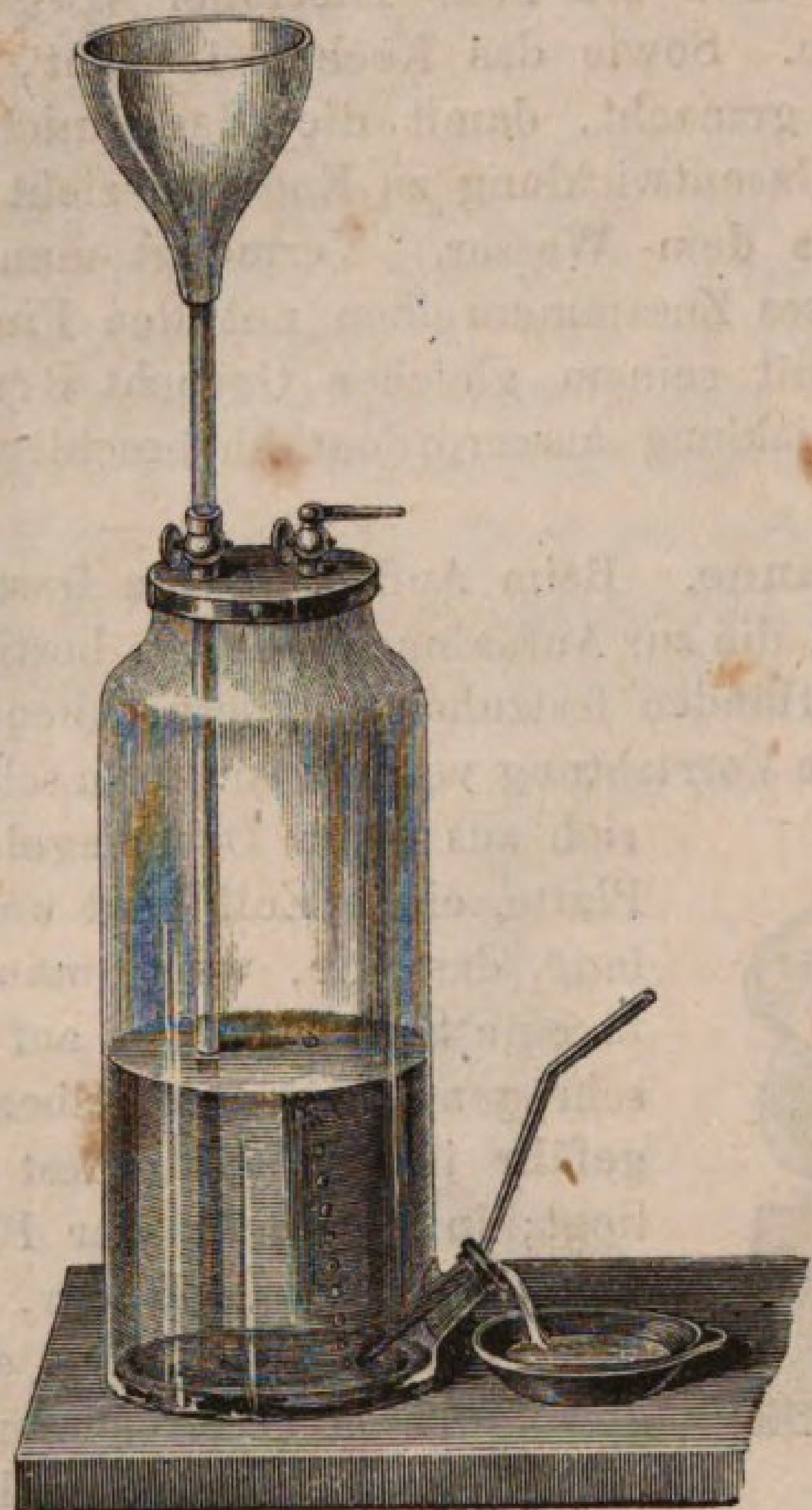


sich aus einem Dachziegel eine Platte, einige Zoll breit und so lang, dass sie, wenn man sie in eine Schüssel legt, auf den schrägen Wänden derselben ungefähr in der Mitte fest aufliegt; in der Mitte der Platte bohrt man ein Loch ein, was sich mit der Spitze eines gewöhnlichen Maurerhammers sehr leicht bewerkstelligen lässt. Statt des Ziegelstücks kann auch ein Blechstreif angewendet werden, in welchem ein kleines kreisförmiges Loch eingeschnitten ist. Beim Gebrauche legt man diese Platte (die Brücke) in die Schüssel, giesst so viel Wasser in die letztere, dass es einen Querfinger hoch über der Brücke steht, und stellt dann auf diese das zum Auffangen des Gases bestimmte Glas verkehrt auf, so dass dessen Mündung gerade auf die Oeffnung passt. Die Glasröhre, aus welcher das Gas kommt, muss sich gerade darunter

befinden, damit das Gas, wie durch einen Trichter, ins Glas treten kann. Eine solche Vorrichtung heisst eine pneumatische Wanne.

62. Gasometer. Um grössere Mengen von Gasarten aufzusammeln und aufzubewahren, und um bequem damit zu experimentiren, hat man in den chemischen Laboratorien besondere Gefässe, die Gasometer genannt werden. In der beistehenden Figur ist ein solcher Apparat abgebildet, wie er eben mit Gas angefüllt wird. Zu dem Ende füllt man ihn erst mit Wasser, schliesst dann die beiden Hähne und öffnet den unteren Ansatz, aus dem natürlich, da oben kein Luftdruck auf das Wasser stattfindet, nichts herausläuft. In diese untere Oeffnung bringt man nun die mit dem Gasentwickelungsapparat verbundene Röhre und das Gas steigt in die Höhe und drängt das Wasser unten heraus. Ist der Gasometer auf diese Weise mit Gas gefüllt, so verschliesst man die untere Oeffnung gleichfalls. Zum Herauslassen des Gases dient der kleine obere Röhrenansatz. Oeffnet man den hier befindlichen Hahn, und gleichzeitig den an dem Trichter vorhandenen, so fliesst, wenn der letztere mit Wasser gefüllt ist, das Wasser bis zu dem Boden des Gefässes und drängt das Gas als einen Strahl oben zu der kurzen Röhre heraus. Statt von Glas, wie hier, stellt man sich grössere Gasometer auch aus

Fig. 33.



Blech, am besten aus Kupferblech dar, die eine ähnliche Einrichtung haben.

63. Menge des gewonnenen Sauerstoffs. Das chlorsaure Kali enthält in 10 Grm. gegen 4 Grm. Sauerstoff chemisch gebunden; diese werden durch Erhitzung frei und entweichen. Im Quecksilberoxyd sind nur etwa 8 Proc. Sauerstoff enthalten; man wird also aus dem ersteren Salze fünfmal mehr Sauerstoff bekommen als aus dem Quecksilberoxyd. Wählt man ½-Literflaschen zum Auffangen des Gases, so wird man deren beim Versuch 60 etwa 5 Stück füllen können und in jeder gegen 8 Decigr. (0,8 Grm.) Sauerstoff haben.

Das chlorsaure Kali kann beim Reiben, zumal mit verbrennlichen Stoffen, z. B. Schwefel, Kohle etc., oder wenn es mit Schwefelsäure zusammenkommt, sehr gefährliche Explosionen veranlassen; bei dem eben angegebenen Gebrauche desselben ist aber irgend eine Gefahr nicht zu befürchten. Welche weitere Veränderung dieses Salz durch die Erhitzung erfährt, zeigt der folgende Versuch.

64. Veränderung des chlorsauren Kalis. *Versuch.* Auf die nach der Austreibung des Sauerstoffs in dem Probirgläschen gebliebene Salzmasse wird warmes Wasser gegossen und das Gläschen an einen warmen Ort gestellt, bis sich Alles aufgelöst hat; lässt man diese Auflösung auf einem Ofen allmälig verdunsten, so werden sich aus derselben kleine würfelförmige Krystalle absetzen (Chlorkalium). Das chlorsaure Kali krystallisirt in dünnen Tafeln oder Blättchen, das geglühte in Würfeln; diese Verschiedenheit der Krystallform allein zeigt schon an, dass durch die Erhitzung des ersteren ein ganz anderes, neues Salz entstanden ist, und zwar ein Salz, welches keinen Sauerstoff mehr enthält. Das nachstehende Schema wird diese Zersetzung verdeutlichen.

Das chlorsaure Kali besteht in 100 Gewthln. aus:

Chlorsäure 61,5	{ Sauerstoff 32,5	→ Sauerstoff 39 (entweicht).
	{ Chlor 29	
und		
Kali 38,5	{ Sauerstoff . 6,5	→ Chlorkalium 61 (bleibt zurück).
	{ Kalium . . 32	

Versuche mit Sauerstoffgas.

65. Kohle und Sauerstoff. *Versuch* a. Man stecke ein Stückchen Holzkohle an einen Draht, halte es in ein Licht, bis es glüht, und tauche es dann in das Glas ein; die Kohle wird sehr lebhaft und mit Flamme verbrennen. Ein Stückchen angefeuchtetes blaues Lackmuspapier (49), nach dem Verbrennen in die Flasche gehalten, wird roth; es hat sich also aus Kohle und Sauerstoff eine saure Luftart gebildet; sie heisst Kohlensäure. Man verstopft die Flasche, schüttelt sie einige Male um und stellt sie bei Seite.

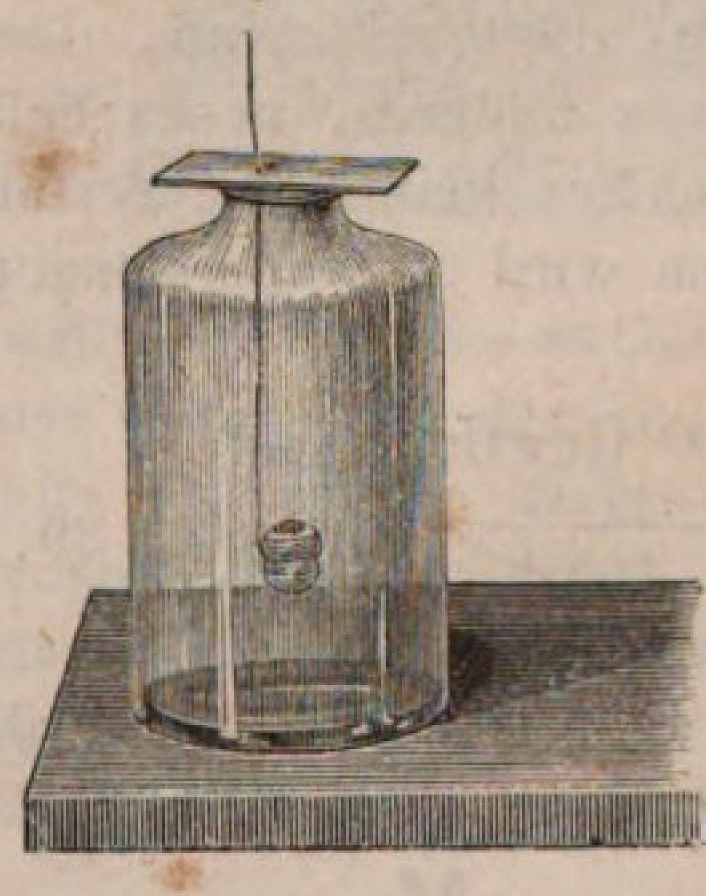
66. Schwefel und Sauerstoff. *Versuch* b. An einem längeren Drahtstücke werden einige Schwefelfäden befestigt, angezündet und in das zweite Glas gehalten: sie verbrennen mit einer schön blauen Flamme. Die Luftart, welche sich aus Schwefel und Sauerstoff bildet, hat einen sehr stechenden Geruch, sie röthet gleichfalls Lackmuspapier, ist also auch saurer Natur; man nennt sie schweflige Säure. Auch dieses Glas wird verstopft und zu weiteren Versuchen aufgehoben.

Fig. 34.



67. Phosphor und Sauerstoff. *Versuch* c. Ein erbsengrosses Stückchen Phosphor, welches seiner Leichtentzündlichkeit wegen unter Wasser von einer Phosphorstange abgeschnitten wird, legt man, nachdem es zuvor durch aufgedrücktes Löschpapier gut abgetrocknet worden ist, in ein ausgehöhltes Stück Kreide, befestigt um letzteres einen Draht und senkt es in die dritte Flasche von Sauerstoff ein. Den Draht klemmt man oben so in ein Querholz, dass der Kreidelöffel ein wenig unter der Hälfte der Flasche

Fig. 35.

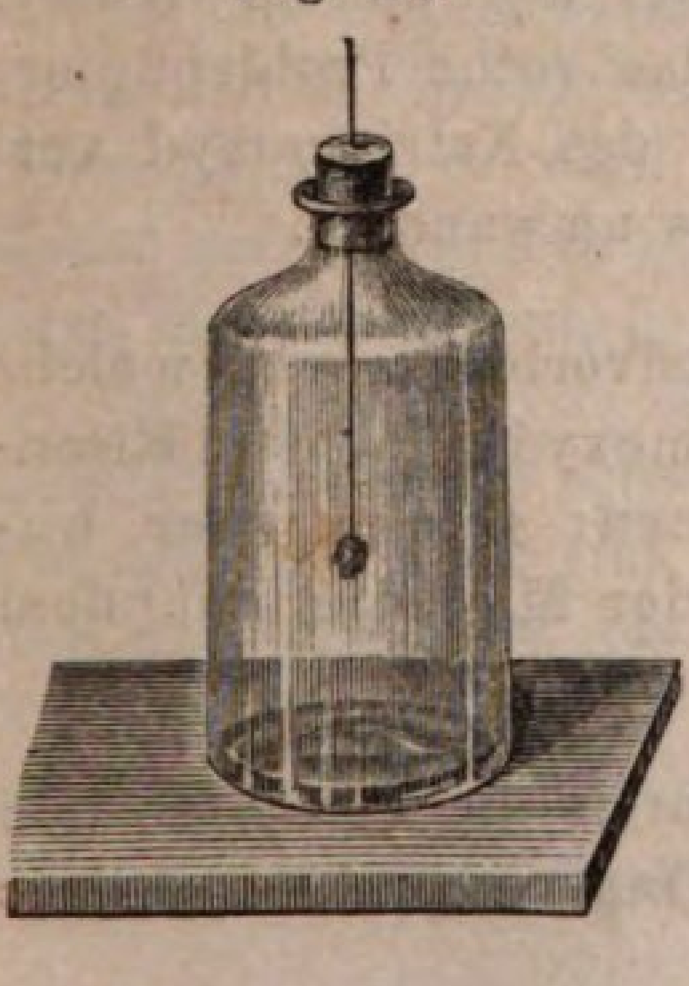


zu hängen kommt. Wird der Phosphor nun mit einem in einer Lichtflamme erhitzten Drahte berührt, so entzündet er sich und verbrennt mit einem ausserordentlichen Lichtglanze, während die Flasche sich mit einem dichten, weissen Rauche anfüllt. Dieser Rauch besteht aus mit Sauerstoff chemisch verbundenem Phosphor; er macht blaues Probirpapier roth, ist also auch eine Säure; sie heisst Phosphorsäure. Lässt man das Glas einige Zeit ruhig stehen, so setzt sich der Rauch zu Boden, d. h. er löst sich in dem im Glase hängen gebliebenen Wasser auf, und dieses erlangt dadurch einen sauren Geschmack.

68. Säuren. Aehnlich wie die geschmacklose Kohle und der geschmacklose Schwefel und Phosphor durch ihre Vereinigung mit dem Sauerstoff saure Eigenschaften erhalten, werden noch viele andere einfache Körper durch den Sauerstoff zu Säuren; dies der Grund, warum man ihm den Namen „Sauerstoff" gegeben hat. Häufig benennt man ihn auch mit dem griechischen Namen Oxygen (Säureerzeuger). Hiervon sind die zwei so häufig vorkommenden Worte Oxydiren und Oxyd gebildet. Oxydiren heisst: mit Sauerstoff verbinden, verbrennen; Oxyd ist das Product der Verbindung und bedeutet einen verbrannten, d. h. einen mit Sauerstoff verbundenen Körper. Die eben gedachten Säuren können daher auch saure Oxyde genannt werden.

69. Natrium und Sauerstoff. *Versuch* d. Man drücke ein Stück Natriummetall an einem Drahte breit und lasse es, so befestigt, einige Stunden in einem mit Sauerstoff gefüllten Glase hängen: es verwandelt sich in eine weisse Masse, welche leicht im Wasser zergeht. Die entstandene Auflösung schmeckt laugenhaft oder alkalisch, ähnlich wie das Kalkwasser; blaues Probirpapier ändert seine Farbe darin nicht, wohl aber wird rothes Papier dadurch blau; es ist eine Verbindung entstanden, welche man als den Gegensatz von Säure anzusehen hat; sie wird Natriumoxyd genannt. Man bewahrt sie auch zu weiterem Gebrauche auf.

Fig. 36.



Das Natriummetall hat eine so ausser-

ordentliche Begierde, sich mit Sauerstoff zu verbinden, dass es ihn, wenn es an der Luft liegt, schnell aus der letzteren anzieht; man bewahrt es daher, um es unverändert zu erhalten, in einer Flüssigkeit auf, in welcher sich kein Sauerstoff befindet. Eine solche Flüssigkeit ist das bekannte Steinöl oder Petroleum.

70. Eisen und Sauerstoff. *Versuch* e. Ein dünner Eisendraht wird so um einen Schieferstift oder ein Holzstäbchen gewickelt, dass er nach dem Herausziehen des Stiftes einen hohlen Schraubengang bildet. Das obere Stück dieser Spirale klemmt man, wie bei Versuch c, in ein Querholz, an das untere Ende desselben aber steckt man ein kleines Stückchen Feuerschwamm. Ist der Schwamm angezündet, so taucht man den Draht in den Sauerstoff ein: die durch das Verbrennen des Schwammes entwickelte Hitze macht den Draht glühend und derselbe verbrennt nun unter lebhaftem Funkensprühen, weil das Eisen in der Glühhitze im Stande ist, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden. Das verbrannte oder oxydirte Eisen (Hammerschlag) schmilzt, und die herabfallenden Kugeln davon sind so heiss, dass sie durch das am Boden des Gefässes befindliche Wasser hindurch noch in das Glas einschmelzen; diese Hitze ist, wie in den vorhergehenden Fällen, eine Folge der eingetretenen chemischen Verbindung. Das Eisenoxyd ist unlöslich in Wasser, und aus diesem Grunde wirkt es weder auf das blaue noch auf das rothe Probirpapier; wäre es auflöslich, so würde es sich wie das Natriumoxyd verhalten, nämlich das rothe Papier in blaues umwandeln.

Fig. 37.



71. Basen. Man nennt solche Sauerstoffverbindungen, welche nicht sauer sind, sondern mit dem Natriumoxyd oder dem Eisenoxyd in ihren Eigenschaften übereinstimmen: Basen oder basische Oxyde. Von den Verbindungen der Metalle mit dem Sauerstoff gehören die meisten zu den Basen.

72. Quantitative Verhältnisse. Durch die beschriebenen Oxydations-Versuche wird leicht die Frage angeregt werden:

wie viel haben die in jedem Glase befindlichen 8 Decigrm. Sauerstoff von der Kohle, dem Schwefel u. s. w. aufgenommen? Die Antwort darauf ist: sie haben sehr verschiedene Mengen aufgenommen.

Es haben sich nämlich verbunden:

8 Decigr. Sauerstoff mit	3	Decigr. Kohle	zu 11	Decigr.	Kohlensäure,
8 „ „ „	8	„ Schwefel	„ 16	„	schwefl. Säure,
8 „ „ „	$6^1/_5$	„ Phosphor	„ $14^1/_5$	„	Phosphorsäure,
8 „ „ „	23	„ Natrium	„ 31	„	Natriumoxyd,
8 „ „ „	21	„ Eisen	„ 29	„	Eisenoxyduloxyd.

8 Decigr. Sauerstoff sind im Wasser verbunden mit 1 Decigr. Wasserstoff zu 9 Decigr. Wasserstoffoxyd (Wasser).

Man kann sich Kohlensäure auf ganz anderen und sehr verschiedenen Wegen darstellen, immer aber ist sie so zusammengesetzt, dass darin auf 8 Gewichtstheile Sauerstoff 3 Gewichtstheile Kohle kommen, und dieselbe Regelmässigkeit finden wir bei den übrigen genannten, ja bei allen chemischen Verbindungen. Es ist ein Naturgesetz: Die chemischen Verbindungen erfolgen immer nach ganz bestimmtem, unveränderlichem Maass und Gewicht. Die Lehre von dieser Gesetzmässigkeit heisst Stöchiometrie (von *stöchion* – Element, und *metrie* — Messkunst.)

73. Neutralisiren. *Versuch.* Die Flüssigkeit in dem Gefässe *c* machte blaues Probirpapier roth und schmeckte sauer, die Flüssigkeit im Glase *d* dagegen bläute rothes Papier und schmeckte laugenhaft. Man giesse die letztere nach und nach, zuletzt nur tropfenweise, zur ersteren und probire das Gemisch öfters durch Eintauchen eines Streifens von blauem und rothem Probirpapier: es wird ein Zeitpunkt eintreten, wo die Farben dieser beiden Papiere nicht mehr verändert werden. Kostet man jetzt die Flüssigkeit, so bemerkt man nichts mehr von dem sauren, nichts mehr von dem laugenhaften Geschmacke, sondern das Gemisch schmeckt schwach salzig; man nennt es neutral. Die Phosphorsäure hat sich mit dem Natriumoxyd chemisch verbunden und dabei ist ein neuer Körper entstanden, der mit den Körpern, aus denen er zusammengesetzt wurde, keine Aehnlichkeit mehr hat. Um ihn genauer zu erkennen, braucht man nur die Flasche an einem warmen Orte so lange stehen zu lassen, bis

das Wasser verdampft ist: er bleibt dann in kleinen Krystallen zurück. Man nennt eine solche Verbindung, die aus einer Säure und einer Basis besteht, ein Salz. Das hier erhaltene Salz, phosphorsaures Natriumoxyd, heisst ein lösliches, weil es in hinzugegossenem Wasser wieder zu einer durchsichtigen Flüssigkeit zergeht.

74. Unlösliches Salz. *Versuch.* In das Glas, welches das bei dem Versuche 65 gebildete kohlensaure Gas enthält, giesse man etwas Kalkwasser (47) und schüttle um: die Flüssigkeit wird milchig werden und bei ruhigem Stehen ein weisses Pulver fallen lassen. Der Kalk in dem Kalkwasser ist eine Basis, wie das Natriumoxyd; er verbindet sich mit der Kohlensäure, und zwar ebenfalls unter Neutralisation der sauren und basischen Eigenschaften; das gebildete Salz (kohlensaurer Kalk oder künstliche Kreide) ist aber unlöslich im Wasser und sondert sich daher aus. Dass hierbei die kohlensaure Luft verschwindet und zu einem festen Körper verdichtet wird, zeigt das Angezogenwerden des Fingers, mit dem man die Oeffnung des Glases während des Schüttelns verschliesst, sowie das Einströmen von Luft nach dem Entfernen des Fingers.

75. Schwerlösliches Salz. *Versuch.* Ganz ähnliche Erscheinungen treten auf, wenn man Kalkwasser in die Flasche vom Versuche 66 giesst; der stechende Geruch der darin enthaltenen schwefligen Säure verschwindet, weil die letztere sich mit dem Kalk verbindet. Das gebildete Salz (schwefligsaurer Kalk) ist sehr schwerlöslich in Wasser.

76. Eisensalz. *Versuch.* In das Glas vom Versuche 70 giesse man nach und nach 4 Grm. von der allgemein bekannten Schwefelsäure: sie wird sich unter Erwärmung mit dem Wasser mischen und bei längerem Stehen und öfterem Umschütteln sowohl das an den Wänden hängende braune Eisenoxyd als das am Boden befindliche schwarze Eisenoxyduloxyd auflösen. Auch hierbei entsteht ein Salz, indem sich die Basen (Eisenoxyd und Eisenoxydul) mit der Säure chemisch vereinigen; die gelbliche Flüssigkeit hält Eisensalze aufgelöst.

77. Oxydationsstufen. Der Sauerstoff ist eine Universalspeise für alle Elemente; er wird von allen verzehrt, und zwar, wie schon

erwähnt, in bestimmten Rationen oder Mengen. Der Appetit eines Elementes zum Sauerstoff ist aber oft verschieden nach den Umständen, unter welchen man ihm den letzteren darbietet; in der Hitze z. B. grösser als in der Kälte, grösser bei Ueberfluss an Sauerstoff als wenn sich nur wenig davon vorfindet etc. Viele Elemente verzehren in hoher Temperatur eine grössere Menge von Sauerstoff als bei niedrigen Wärmegraden, und bei reichlich vorhandenem Sauerstoff mehr als bei Mangel daran. Dieses Mehr oder Weniger ist aber keineswegs beliebig, sondern gleichfalls durch bestimmte Gesetze vorgeschrieben. Man nennt diese verschiedenen Verbindungs-Verhältnisse eines Körpers mit dem Sauerstoff seine Oxydationsstufen.

78. Oxydationsstufen der Säuren. Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff zu schwefliger Säure, wenn er im Sauerstoffgase oder an der Luft verbrennt, er lässt sich aber auch noch mit $\frac{1}{2}$mal mehr Sauerstoff verbinden und liefert dann die bekannte Schwefelsäure.

Phosphor bildet mit Sauerstoff Phosphorsäure, wenn er mit Flamme verbrennt; lässt man ihn aber ohne Erwärmung an der Luft liegen, oder bei sehr geringem Zutritt von Luft langsam verbrennen, so bildet sich daraus vorzugsweise phosphorige Säure, welche nur $\frac{3}{5}$ so viel Sauerstoff enthält, als die Phosphorsäure.

Unter Schwefelsäure und Phosphorsäure versteht man sonach Verbindungen mit mehr Sauerstoff, unter schwefliger und phosphoriger Säure dagegen Verbindungen mit weniger Sauerstoff. Giebt ein Element mehr als zwei Säuren mit dem Sauerstoff, so setzt man aus den Namen der Säuren und den Sylben „Ueber" und „Unter" neue Namen zusammen, z. B. Ueberchlorsäure, Unterschwefelsäure, unterschweflige Säure etc.

79. Oxydationsstufen der Basen. Ausser dem rothen Quecksilberoxyd (57) giebt es noch eine Verbindung von Quecksilber mit Sauerstoff, welche schwarz aussieht und nur halb so viel Sauerstoff enthält als das Oxyd; sie wird Quecksilberoxydul genannt. Ebenso giebt das Eisen mit Sauerstoff zwei Verbindungen: eine braunrothe mit mehr Sauerstoff (Eisenoxyd) und eine schwarze mit $\frac{2}{3}$ so viel Sauerstoff (Eisenoxydul).

Oxyd nennt man hiernach die Verbindung eines Metalles

mit einer grösseren Menge Sauerstoff, Oxydul die Verbindung mit einer geringeren Menge Sauerstoff. Manche Metalle haben die Fähigkeit, sich in mehr als zwei Verhältnissen mit dem Sauerstoff zu verbinden; man nennt in diesem Falle die Verbindung mit noch weniger Sauerstoff als im Oxydul, Suboxyd, die aber mit noch mehr Sauerstoff als im Oxyd, Super- oder Ueberoxyd. Beide verhalten sich nicht als Basen, d. h. sie können sich nicht direct mit Säuren zu Salzen verbinden; wohl aber ist dies dann möglich, wenn die Suboxyde soviel Sauerstoff aufnehmen, die Superoxyde aber soviel davon abgeben, dass daraus in dem einen wie in dem anderen Falle Oxyde oder Oxydule entstehen. Von einigen Metallen besitzen die höchsten Oxydationsstufen nicht mehr basische, sondern im Gegentheil saure Eigenschaften (Metallsäuren).

80. Sauerstoffmenge in den Oxyden. Vergleicht man die verschiedenen Mengen von Sauerstoff, die ein und derselbe Körper aufnehmen kann, mit einander, so findet man zwischen ihnen immer ein sehr einfaches Verhältniss, z. B.:

bei	schwefliger Säure und Schwefelsäure	wie 2 zu 3;
„	phosphoriger Säure und Phosphorsäure	„ 3 zu 5;
„	Quecksilberoxydul und Oxyd	„ 1 zu 2;
„	Eisenoxydul und Oxyd	„ 2 zu 3.

Eine ähnliche Einfachheit und Gesetzmässigkeit kommt bei allen übrigen chemischen Verbindungen vor.

81. Sauerstoff aus Braunstein. Die Ueberoxyde geben leicht einen Theil ihres Sauerstoffs ab, wenn man sie allein oder mit gewissen Säuren erhitzt, man kann sie daher zur Gewinnung von Sauerstoff benutzen. Das bekannteste und in der Natur häufig vorkommende Ueberoxyd ist der zum Braunfärben der Töpferglasur allgemein gebräuchliche Braunstein, eine Verbindung des Metalles Mangan mit Sauerstoff. Aus diesem stellt man sich das Sauerstoffgas gewöhnlich im Grossen dar, indem man ihn in eine eiserne Flasche bringt und bis zum Glühen erhitzt. Glüht man den Braunstein allein, so erhält man $1/3$ des darin enthaltenen Sauerstoffs, und Mangan-Oxydul-Oxyd bleibt zurück; glüht man ihn aber unter Zusatz von Schwefelsäure, so gewinnt man die Hälfte des in ihm gebundenen Sauerstoffs, und

der Rückstand in der Flasche wird zu Manganoxydul, welches sich mit der Schwefelsäure zu einem Salze verbindet.

82. Nomenclatur. Der Sauerstoff ist auch eine Universalspeise für alle lebenden Geschöpfe. Jede Luft, die wir einathmen, muss freien Sauerstoff enthalten; fehlt dieser darin, so tritt Erstickung ein. Die Chemiker, welche ihn vor 90 Jahren entdeckten und zuerst rein darstellten, gaben ihm aus diesem Grunde den Namen Lebensluft. Späterhin nannte man ihn auch Feuerluft, weil man fand, dass jede im gewöhnlichen Leben vorkommende Verbrennung ein Oxydationsprocess ist, bei dem sich der Sauerstoff der Luft mit den Bestandtheilen des Brennmaterials verbindet. Das Abkürzungszeichen für Sauerstoff ist O, der erste Buchstabe von Oxygen. Man ist nämlich übereingekommen, die einfachen Körper durch Buchstaben auszudrücken, und zwar durch den ersten Buchstaben ihrer lateinischen Namen, dem, wenn es nöthig, noch der nächste charakteristische Buchstabe beigefügt wird.

83. Ozon. Eine sehr merkwürdige Veränderung erfährt der Sauerstoff, sowohl der reine als der in der atmosphärischen Luft enthaltene, wenn starke elektrische Ströme oder Funken hindurchgeleitet werden. Er nimmt zunächst einen eigenthümlichen phosphorähnlichen Geruch an, denselben, welchen man in der Umgebung einer thätigen Elektrisirmaschine wahrnimmt, oder in Räumen, durch die ein Blitzstrahl geschlagen hat. Weiter aber erlangt er durch diese Behandlung eine solche chemische Stärke, dass er viele Körper bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt, mit denen er sich sonst erst unter Zuhülfenahme von Erhitzung oder gar nicht direct verbindet. So oxydirt er blankes Blei zu braunem Superoxyd, so blankes Silber zu schwarzem Superoxyd, so bleicht er, dem Chlor ähnlich, nur langsamer, Pflanzenfarben u. a. m. Seines Geruches wegen hat man demselben den Namen „Ozon", seiner energischen Wirkung wegen den Namen „activer Sauerstoff" gegeben. Durch Erhitzung oder Berührung mit Kohle, Jodkalium und manchen anderen oxydirbaren Körpern verliert das Ozon seine charakteristischen Eigenschaften und wird wieder zu gewöhnlichem Sauerstoff.

Da man auch bei vielen Oxydationen Ozonbildung wahrgenommen hat, so gewinnt es den Anschein, als ob die oxydir-

baren Körper im Stande wären, durch ihre Berührung mit dem gewöhnlichen inactiven Sauerstoff der Luft diesen in den Zustand des activen zu versetzen, der sich dann zum Theil mit ihnen verbindet, zum Theil aber in der atmosphärischen Luft ausbreitet, welcher letzteren, ausser durch die Gewitter, ferner noch durch die lebenden Pflanzen Ozon zugeführt werden soll. Man schreibt daher auch der atmosphärischen Luft einen wechselnden kleinen Ozongehalt zu und hat sich schon vielfach bemüht, das Schwanken desselben durch fortgesetzte ozonometrische Beobachtungen zu bestimmen. Bei dem durch seine leichte Oxydirbarkeit ausgezeichneten Phosphor ist ein Versuch, ozonhaltige Luft zu erzeugen, angegeben (160).

84. Allotropie. Man nennt die Fähigkeit mancher Elemente, ganz verschiedene Zustände mit ganz veränderten physikalischen Eigenschaften anzunehmen, Allotropie (*allo* — ungleiche, *tropie* — Beschaffenheit). Der Sauerstoff kann in zwei allotropischen Zuständen oder Modificationen auftreten: a) als gewöhnlicher Sauerstoff, b) als Ozon-Sauerstoff. Mit dem Namen Antozon hat man eine dritte Sauerstoff-Modification bezeichnet, deren Existenz jedoch noch nicht zweifellos erwiesen ist.

Wasserstoff oder Hydrogen (H).

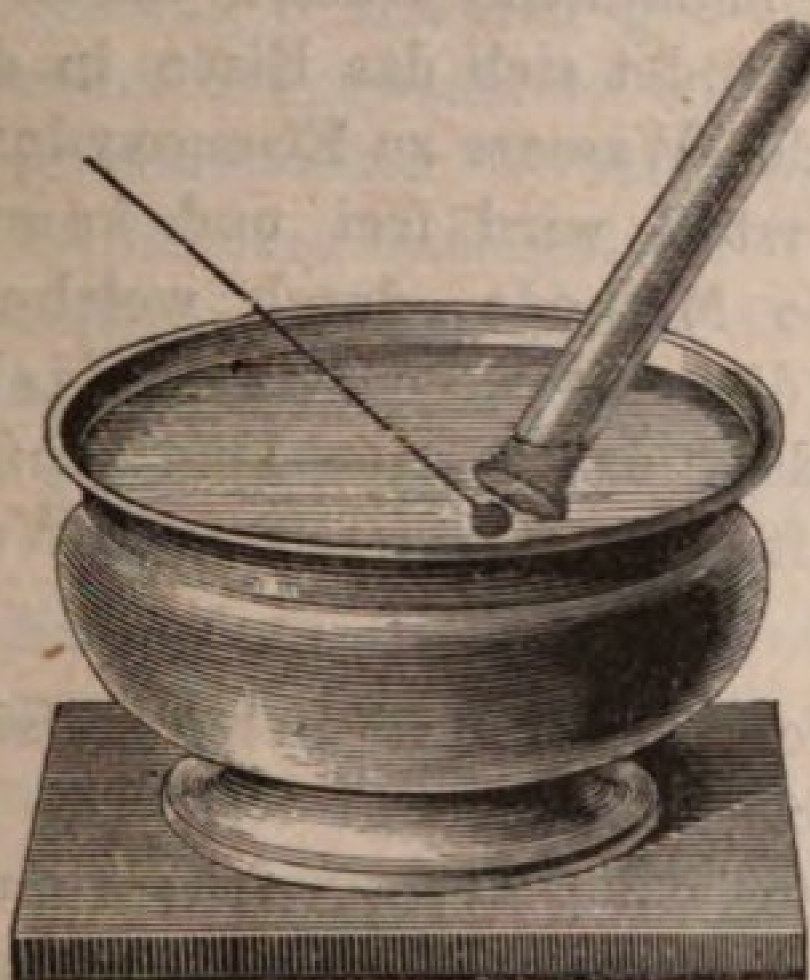
(Aeq.-Gew. = 1. — Specif. Gew. = 0,069.)

— 1766 von Cavendish als eigenthümliche Gasart unterschieden. —

85. Wasserzersetzung durch Natrium. *Versuch.* Man kocht Wasser $1/_4$ Stunde lang, damit alle darin enthaltene Luft ausgetrieben wird, lässt es kalt werden und füllt dann mit ihm eine Schüssel und ein Probirgläschen an; das letztere wird mit dem Finger verschlossen, umgedreht und erst unter der Oberfläche des Wassers wieder geöffnet. Bringt man jetzt ein linsengrosses Stück Natriummetall, welches man fest an einen Draht angedrückt hat, schnell unter die Oeffnung des Probirgläschens, so löst sich das Metall vom Drahte und steigt, da es leichter ist als Wasser, in dem Gläschen in die Höhe, fährt in kochender Bewegung auf demselben herum und entwickelt dabei aus dem Wasser eine Luftart, welche in wenigen Augenblicken

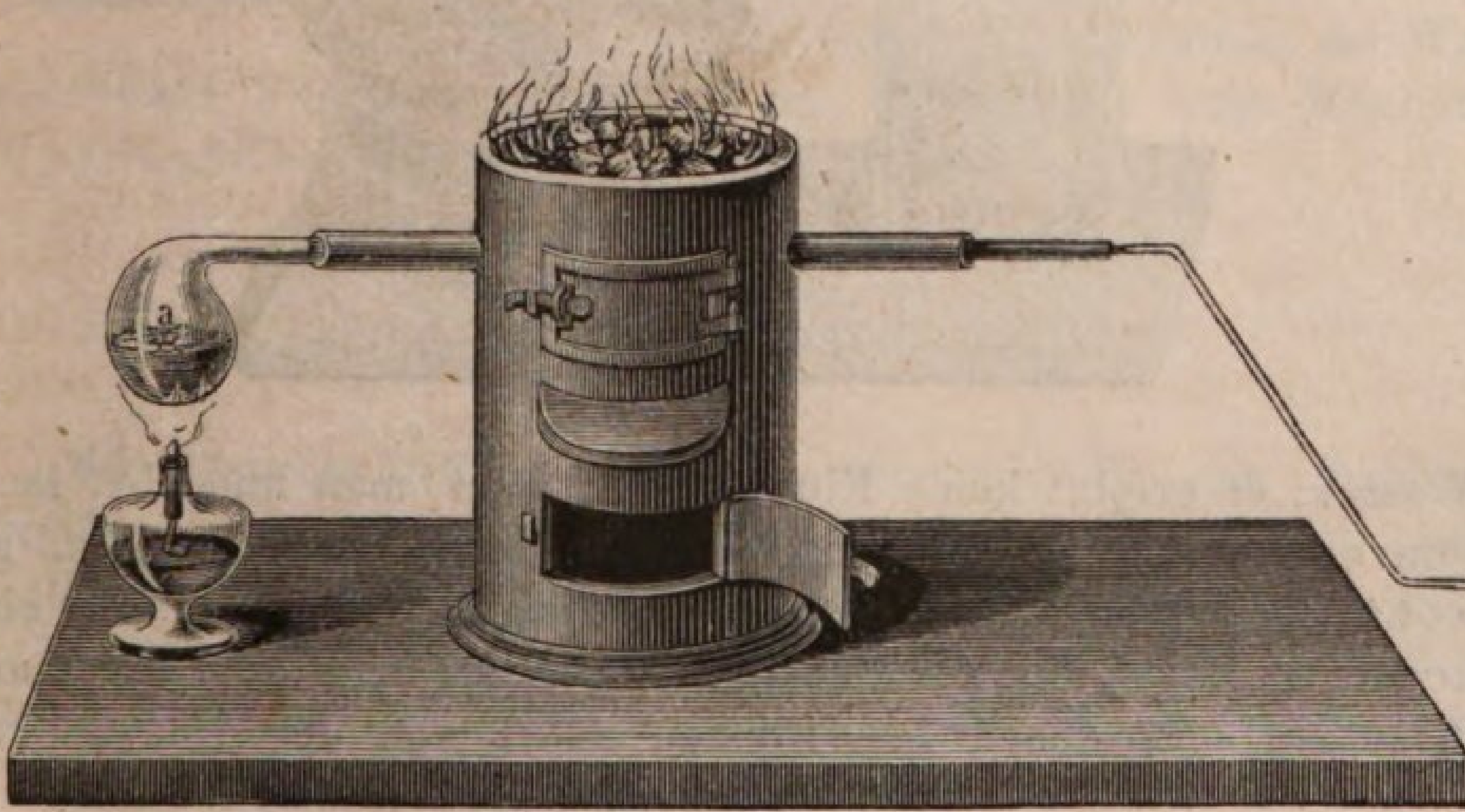
das Wasser aus dem Gläschen heruntertreibt. Diese Luftart ist der zweite Bestandtheil des Wassers und heisst **Wasserstoffgas**. Aus dem Versuche 69 ist bekannt, dass das Natrium eine sehr grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff hat; diese ist so stark, dass das Natrium im Stande ist, dem Wasser seinen Sauerstoff wegzunehmen, wodurch der Wasserstoff desselben in Freiheit gesetzt wird. Man verschliesse das Gläschen wieder mit dem Finger, nehme es aus dem Gefässe und halte ein brennendes Licht darüber: es wird sich an der Oeffnung eine Flamme zeigen; das Wasserstoffgas ist eine **brennbare** Luftart. Drückt man an die feuchte innere Glaswand einen Streifen von rothem Probirpapier, so nimmt es eine blaue Farbe an; es hat sich hierbei dieselbe Basis, Natriumoxyd, gebildet, wie beim Liegen des Natriums im Sauerstoff oder an der Luft; sie befindet sich in dem Wasser aufgelöst.

Fig 38.



86. Wasserzersetzung durch Eisen. Was das Natrium schon bei gewöhnlicher Temperatur vermag, das vermag das

Fig. 39.



Eisen erst dann, wenn es weissglühend ist. Lässt man durch ein glühendes, eisernes, mit spiralförmig gewundenem Eisendraht angefülltes Rohr, z. B. einen Flintenlauf, Wasserdampf streichen, indem man das in der Retorte *a* befindliche Wasser durch eine Lampe zum Sieden bringt, so verbindet sich das Eisen in dieser hohen Hitze mit dem Sauerstoff des Wassers zu Eisenoxyduloxyd (Hammerschlag), und der Wasserstoff wird frei und kann aufgefangen werden. Dies war die Methode, durch welche Lavoisier vor einigen 80 Jahren die zuerst von Cavendish gemachte Entdeckung bestätigte, dass das Wasser kein einfacher Körper sei, sondern aus zwei Luftarten, Sauerstoff und Wasserstoff, bestehe.

87. Wasserzersetzung durch Eisen und Schwefelsäure. Die Zerlegung des Wassers durch Eisen erfolgt leichter, wenn man dem Eisen einen Alliirten zugesellt, der es in seinem Bestreben, dem Wasser den Sauerstoff zu entreissen, unterstützt. Ein solcher Bundesgenosse ist die Schwefelsäure.

Versuch. Man schütte 10 Grm. Eisenfeilspäne von Schmiedeeisen in eine Flasche und übergiesse sie mit 100 Grm.

Fig. 40.



Wasser: es erfolgt keine Einwirkung; setzt man nun aber langsam und unter stetem Umschwenken der Flasche 20 Grm. gewöhnliche englische Schwefelsäure hinzu, so wird bald eine kochende Bewegung der Flüssigkeit und zugleich eine Erhitzung derselben eintreten. Das Kochen rührt von der Entwicklung

einer Luftart her; diese Luftart ist Wasserstoffgas. Nachdem man die Oeffnung der Flasche mit einem durchbohrten Korke, in dem sich eine gebogene Glasröhre befindet, verstopft und die Gasentwicklung 5 Minuten gedauert hat, wird das Gas, wie beim Sauerstoff angegeben, in mit Wasser gefüllten Flaschen mit Hülfe der pneumatischen Wanne aufgefangen.

Es ist eine unerlässliche Vorsicht beim Experimentiren mit Wasserstoff, das Gas nicht eher aufzufangen, bevor nicht die vorher im Glase befindliche Luft vollständig ausgetrieben ist, weil ausserdem leicht Explosionen eintreten können.

88. Mischen von Schwefelsäure und Wasser. *Versuch.* Wenn Schwefelsäure in Wasser gegossen wird, so entsteht immer eine beträchtliche Erhitzung, eine noch viel stärkere, wenn man umgekehrt verfährt, nämlich das Wasser in die Schwefelsäure giesst. Am besten nimmt man dieses Mischen auf folgende Weise vor: 100 Grm. Wasser werden in ein Gefäss gegossen, das man in eine mit Wasser gefüllte Schüssel stellt; nun wägt man 20 Grm. englische Schwefelsäure ab, schüttet diese in einem dünnen Strahle zu dem Wasser, während man das letztere mit einem Glas- oder Porzellanstäbchen ununterbrochen umrührt, und lässt das Gemisch so lange in der Wasserschüssel, bis es völlig erkaltet ist. Man nennt diese Mischung verdünnte Schwefelsäure.

Fig. 41.



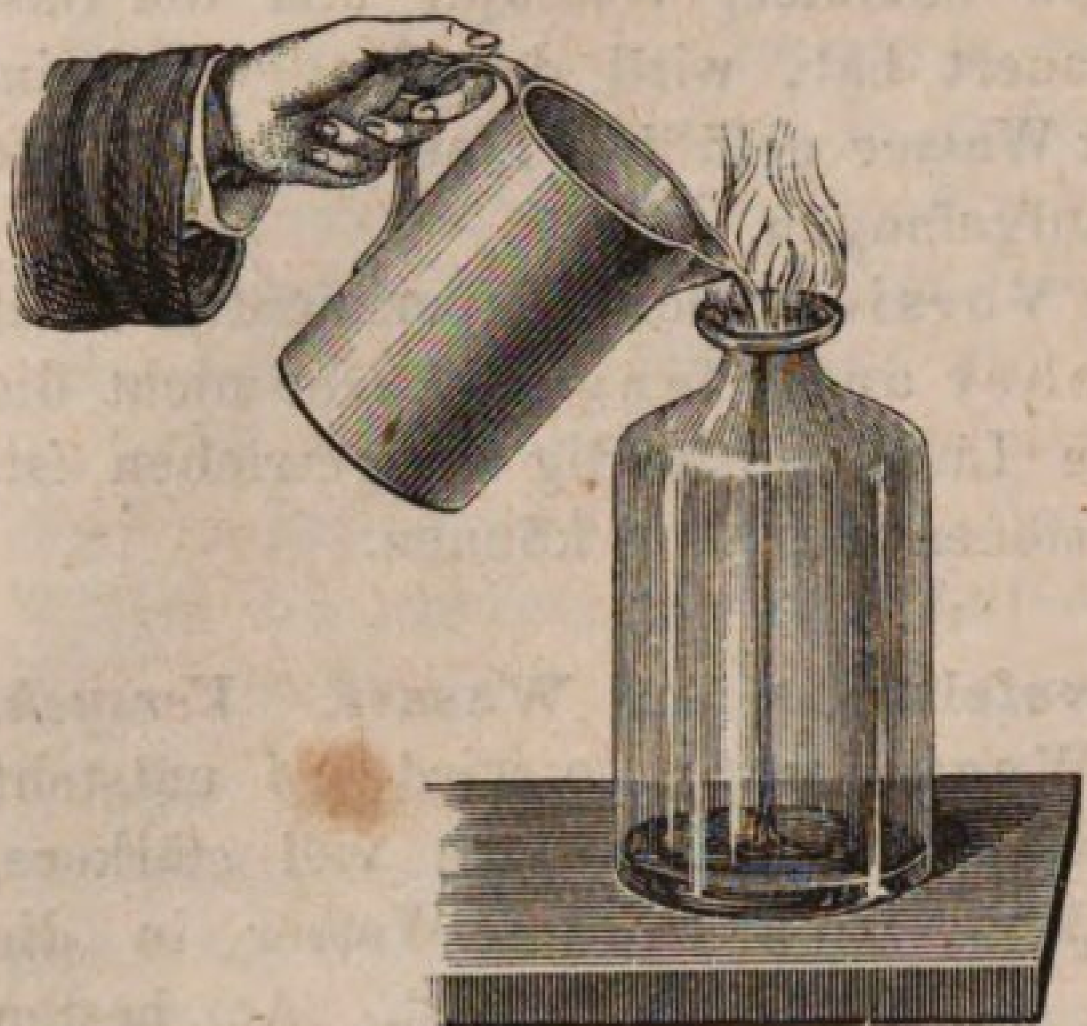
Versuche mit Wasserstoffgas.

89. Eigenschaften. Der Wasserstoff stellt ein farbloses Gas dar, in reinem Zustande ohne Geruch und Geschmack, ausgezeichnet durch seine Brennbarkeit und grosse Leichtigkeit.

Versuch a. Man zünde das in einer Flasche enthaltene Wasserstoffgas an und giesse schnell Wasser in die Flasche: das

Wasser löscht die Flamme keineswegs aus, sondern macht sie vielmehr grösser, weil es das Gas schnell aus der Flasche herausdrängt. Im Innern des Gefässes brennt das Gas nicht, sondern nur ausserhalb desselben, da wo es von der atmosphärischen Luft umgeben ist.

Fig. 42.



Versuch b. Man lasse ein Glas mit Wasserstoffgas einige Minuten offen stehen und halte während dieser Zeit ein leeres Trinkglas darüber; dreht man das letztere sodann schnell um und hält es an ein brennendes Licht, so wird aus demselben eine Flamme mit pfeifendem Geräusche herausschlagen. Das Gas ist, wie man sieht, aus dem unteren Glase in das obere gestiegen, es ist also leichter als gewöhnliche Luft. Das untere Glas darf bei diesem Versuche nicht sogleich mit einem Lichte in Berührung kommen, weil, wenn noch nicht alles Wasserstoffgas heraus ist, eine Explosion erfolgen kann, die das Glas zerschmettert; hält man aber nach 10 Minuten ein Licht darüber oder hinein, so wird man keine brennbare Luft mehr darin finden; sie ist vollständig verflogen.

Das Wasserstoffgas ist die leichteste unter allen Luftarten; $14\frac{1}{2}$ Maass davon wiegen nur so viel als 1 Maass atmosphärische Luft. Wegen dieser Leichtigkeit kann das Wasserstoffgas zum Füllen von Luftballons angewendet werden (Charlièren).

90. Wasserstoff und Platinschwamm. *Versuch* c. Wird auf das Glas, aus dem man sich das Wasserstoffgas rasch entwickeln lässt, statt der gebogenen Glasröhre ein Stück einer Röhre von einer thönernen Tabackspfeife in den Kork gesteckt und das Gas angezündet, so brennt dasselbe in Gestalt einer Kerzenflamme. Zum Anzünden des Gases lässt sich auch, statt eines brennenden Körpers, sehr fein zertheiltes Platinmetall anwenden. Man kann sich dieses in wenigen Minuten darstellen,

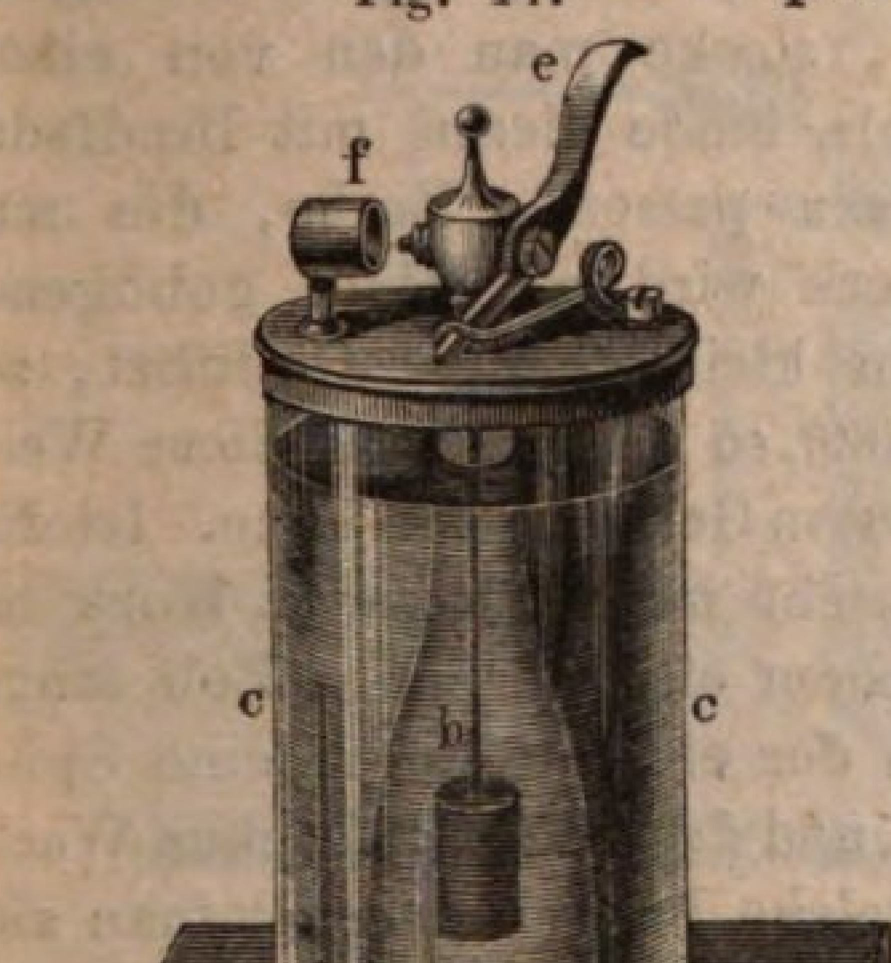
wenn man einige Tropfen Platinlösung auf Fliesspapier tröpfelt, dieses an einen Draht steckt und über einer Weingeistlampe so lange erhitzt, bis nur noch eine graue, zusammenhängende Asche übrig geblieben ist. In der Asche ist das Platin ausserordentlich fein zertheilt und porös, und in diesem Zustande zeigt es die merkwürdige Eigenschaft, im Wasserstoffgase glühend zu werden und dasselbe zu entzünden. Man nennt solches poröses Platin **Platinschwamm** oder oxyphores Platin und wendet es als Zünder bei den bekannten Döbereiner'schen **Wasserstoff-** oder **Platinfeuerzeugen** an.

Fig. 43.



91. Wasserstoff-Feuerzeug. Die hier dargestellte **Zündmaschine** besteht aus einem Glascylinder *b*, Fig. 44, (oder einer Flasche, deren Boden abgesprengt ist), der an der mit dem Hahn *e* versehenen Deckplatte luftdicht festgekittet wird. An einem Draht hängt darin ein Zinkkolben herunter. Wird nun verdünnte Schwefelsäure in das Gefäss *c* gegossen und der Deckel mit dem daran befestigten Cylinder aufgesetzt, indem man zugleich den Hahn öffnet, um die in letzterem enthaltene Luft durch die von unten eintretende Säure verdrängen zu können, so entwickelt sich alsbald durch die Berührung des Zinks mit der Säure Wasserstoffgas, welches sich nach dem Schliessen des Hahnes in dem Cylinder ansammeln und da-

Fig. 44.



durch die Säure in das äussere Gefäss drängen muss, bis sie das Zink nicht mehr berührt. Beim Oeffnen des Hahns *e* strömt das Gas aus der feinen Spitze auf den Platinschwamm *f*, statt des entwichenen Gases aber tritt wieder Schwefelsäure aus dem äusseren Gefässe in das innere und erzeugt von Neuem Wasserstoffgas, so wie sie wieder an das Zink gelangt. Das poröse Platin hat in hohem Grade die Fähigkeit, Sauerstoff einzusaugen und in sich zu verdichten; kommt nun Wasserstoffgas hinzu, so werden diese beiden Gase in den Poren des Platins durch die mächtige Anziehungskraft desselben einander so genähert, dass sie sich chemisch verbinden können; es bildet sich Wasser, und die dabei freiwerdende Wärme reicht hin, um den Platinschwamm oder die Platinasche bis zum Glühen zu erhitzen und das nachfolgende Gas zu entflammen. Durch poröses Platin kann man viele luftförmige Körper zu einer Verbindung zwingen, die sich von freien Stücken durchaus nicht mit einander vereinigen.

92. Hitze beim Verbrennen des Wasserstoffs. Knallgas. *Versuch.* Wie ausserordentlich die Hitze ist, welche sich bei der chemischen Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff entwickelt, wird der folgende Versuch zeigen. In die Oeffnung einer grossen Schweinsblase, die man, um sie geschmeidig zu machen, etwas angefeuchtet hat, stecke man den von einem Fläschchen abgeschlagenen Glashals, binde diesen mit Bindfaden recht fest und suche sich zwei dazu passende Korke, die man nachher durchbohrt. Der eine Kork wird mit einer gebogenen Glasröhre verbunden, die zu einem kleinen Apparate führt, aus dem man Sauerstoffgas entwickelt (60), so dass man auf diese Weise die Blase leicht mit diesem Gase anfüllen kann. Ist dies

Fig. 45.

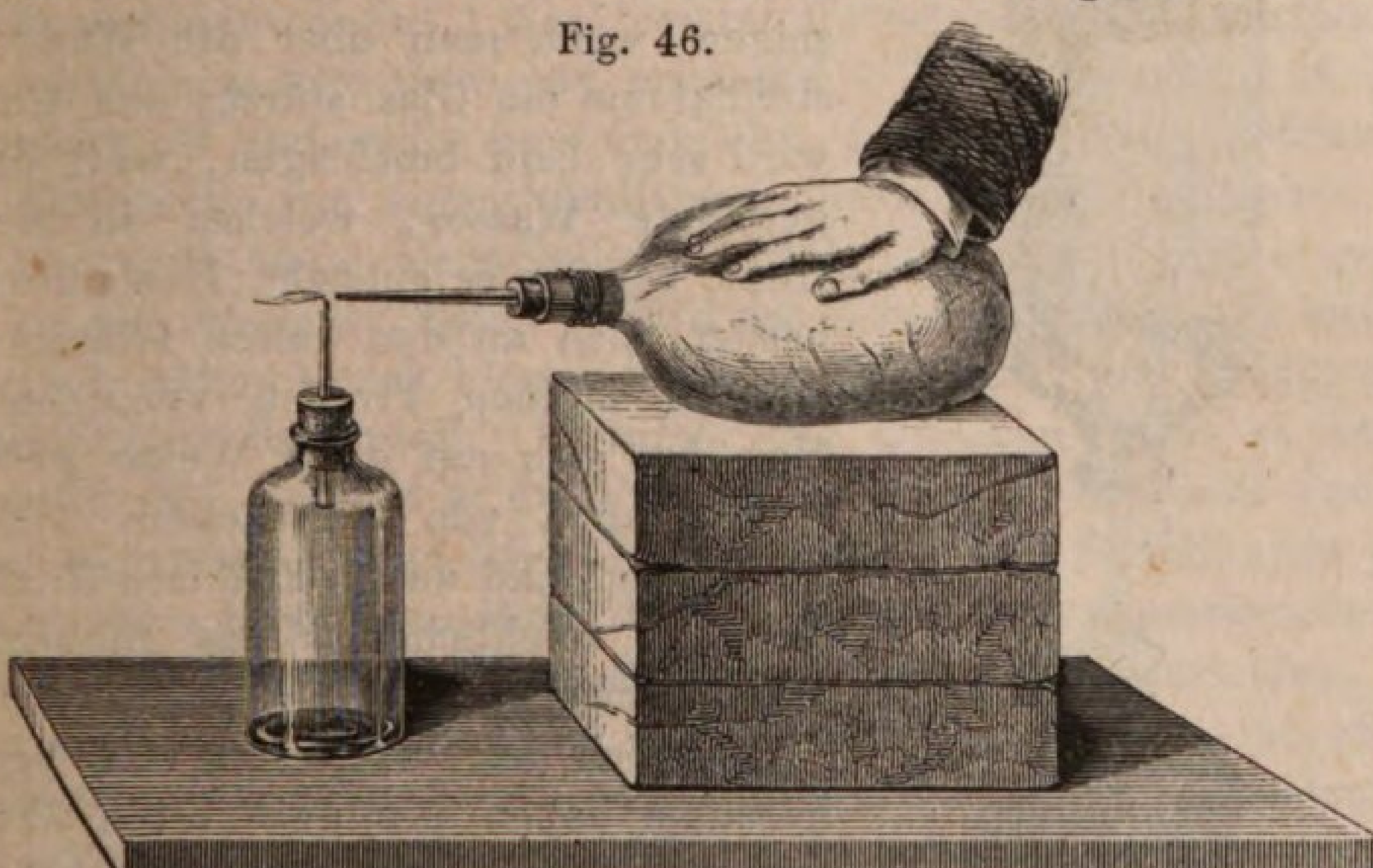


geschehen, so vertauscht man den ersten Kork mit dem zweiten, in welchem ein nur einige Zoll langes Glasröhrchen, das an der einen Seite in eine Spitze ausgeht, eingepasst ist, und drückt ein Stückchen Wachs auf die Oeffnung. Solche Röhren bereitet man sich leicht durch Erhitzen einer längeren Glasröhre unter stetem Drehen in einer Weingeistflamme, bis diese so weich geworden, dass man sie in zwei Hälften ausziehen kann. Den dünnen in einem Glasfaden endenden Theil bricht man ab und hält ihn noch einige Augenblicke ins Feuer, damit die scharfen Kanten der

entstandenen feinen Oeffnung durch angehendes Schmelzen abgestumpft werden. Bequemer, aber freilich etwas theurer ist's, wenn man statt der angegebenen Vorrichtung einen kleinen, mit einer angeschraubten Spitze versehenen Messinghahn in die Mündung der Blase einbindet.

Die so vorgerichtete und mit Sauerstoff gefüllte Blase legt man nun auf Ziegelsteine, in der Höhe, dass die Spitze der Glasröhre gerade bis zu der Wasserstoffflamme reicht, die man auf die im vorigen Versuche angegebene Weise erzeugt. Drückt man die Blase mit der Hand, so muss das Sauerstoffgas ausströmen; es bläst in die Wasserstoffflamme, welche dadurch zur Seite getrieben wird. Diese Flamme leuchtet nur schwach, schwächer sogar als vorher; dessenungeachtet steckt in ihr die grösste Hitze, welche man bis jetzt kennt. Man halte einen feinen Draht von Platin, einem Metalle, welches in dem heftigsten Ofenfeuer nicht flüssig wird, in die Flamme: er schmilzt wie Wachs; man halte ein oben zu einem dünnen Stäbchen geschabtes Stück

Fig. 46.



Kreide in dieselbe: es wird so glühend, dass es das blendendste Licht ausstrahlt (Siderallicht). Eine feine Uhrfeder oder ein dünner Eisendraht verbrennt darin mit glänzendem Funkensprühen, wie im Sauerstoffgase (70). Woher kommt aber diese gewaltige Hitze? Sie ist eine Folge der heftigen, energischen, chemischen Verbindung zweier Stoffe mit einander. Bei jeder chemischen Vereinigung wird Wärme frei.

Wollte man Wasserstoff und Sauerstoff vorher mit einander mengen und nachher anzünden, so würde das ganze Gemenge sich auf einmal verbinden, und zwar unter dem heftigsten Knall und gewaltsamer Zertrümmerung des Gefässes. Man nennt deswegen ein solches Gemenge Knallgas. Der eben beschriebene Apparat, bei dem eine Gefahr nicht zu befürchten ist, weil das Knallgas erst an dem Punkte, wo der Sauerstoff in die Wasserstoffflamme strömt, und auch hier nur in sehr kleinen Mengen auf einmal gebildet wird, ist ein Knallgasgebläse im Kleinen. Knallgas kann hiernach angesehen werden als chemisch zersetztes Wasser, Wasser aber als chemisch verbundenes Knallgas.

93. Bildung und Zusammensetzung des Wassers. *Versuch.* Dass wirklich Wasser gebildet wird, wenn Wasserstoff verbrennt oder, was dasselbe ist, wenn sich Wasserstoff mit Sauerstoff chemisch verbindet, lässt sich leicht zeigen, wenn man über die Wasserstoffflamme ein Glas stürzt; das Glas wird sehr bald beschlagen, weil das gebildete Wasser, welches in der Hitze, bei der es entsteht, Dampfform besitzt, sich an den kalten Glaswänden zu kleinen Tropfen verdichtet. Man hat sich auf diese Weise grössere Mengen von künstlichem Wasser erzeugt und aus 3000 Maass Knallgas ein reichliches Maass flüssiges Wasser erhalten.

Fig. 47.



Bezüglich der quantitativen Verhältnisse haben die genauesten Versuche gelehrt, dass sich hierbei immer 2 Maass Wasserstoff mit 1 Maass Sauerstoff vereinigen, also gerade dieselben Quantitäten, welche bei der Zerlegung des Wassers durch Galvanismus (56) erhalten werden. Aus 2 Maass Wasserstoff und 1 Maass Sauerstoff entstehen aber nicht 3 Maass

Wasserdampf, sondern nur 2 Maass; die beiden Gasarten verdichten sich also bei ihrer chemischen Verbindung um $\frac{1}{3}$.

Das **Wasser** oder **Wasserstoffoxyd** (HO)*) besteht also, wie die Zersetzung (Analyse) und Wiederzusammensetzung (Synthese) desselben unwiderleglich bewiesen hat,

dem Volumen nach:	dem Gewichte nach:
aus 1 Mss. Sauerstoff	aus 8 Theilen Sauerstoff
und 2 Mss. Wasserstoff;	und 1 Theil Wasserstoff;
diese geben 2 Mss. Wasserdampf;	diese geben 9 Gewthle. Wasser.

Die grosse Verschiedenheit der Zahlen für Maasse und der Gewichtszahlen erklärt sich dadurch, dass 1 Maass Wasserstoff 16mal weniger wiegt als 1 Maass Sauerstoff.

Wegen der Eigenschaft des Wasserstoffs, mit Sauerstoff vereinigt Wasser zu bilden, hat man ihm den Namen **Hydrogen** (Wassererzeuger) gegeben; sein chemisches Zeichen ist hiernach = H.

94. Wasserstoffüberoxyd (HO_2). Das Wasser lässt sich auf Umwegen noch mit 1 Aeq. Sauerstoff verbinden. Die Verbindung enthält also dem Gewichte nach auf 1 Thl. Wasserstoff 16 Thle. Sauerstoff und stellt eine dickliche, in keiner Kälte gefrierende Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch und Geschmack dar. Das zweite Aequivalent Sauerstoff ist darin weit weniger fest gebunden als das erste, daher zerfällt das Wasserstoffüberoxyd äusserst leicht, schon durch blosses Erhitzen, in Wasser und freien, ozonähnlichen Sauerstoff. Vermöge des letzteren wirkt es kräftig oxydirend, bleicht es die Pflanzenfarben u. a. m. Sehr auffällig ist es, dass manche feinpulverige Metalle und Metalloxyde jenes Zerfallen bewirken, ohne dass sie sich mit dem entweichenden Sauerstoff verbinden oder sonst eine Veränderung erleiden.

Man bezeichnet diese eigenthümliche, noch nicht zu erklärende Wirkungsweise, bei der gewisse Körper Zersetzungen hervorrufen, ohne dass sie selbst dabei eine Verbindung eingehen oder eine Zersetzung erfahren, mit dem Namen: Wirkung durch **Contact** (Berührung), oder Wirkung durch **Katalyse** (Umwandlungskraft).

95. Chemische Zeichen und Formeln. Die **chemischen Zeichen**, die, wie schon erwähnt, aus den Anfangsbuchstaben

*) Die Molecularformeln ($H_2\Theta$ etc.) siehe §. 541.

der lateinischen Namen der Elemente gebildet werden, bieten nicht nur eine sehr bequeme und einfache Bezeichnungsweise der Elemente dar, sondern drücken zugleich auch eine fest bestimmte Gewichtsmenge der letzteren aus, nämlich diejenige, welche bei der Ueberschrift jedes Abschnittes unter der Benennung A e q u i v a l e n t - G e w i c h t aufgeführt ist. O bedeutet demnach nicht bloss Sauerstoff, sondern immer 8 Gewichtstheile (Pfunde, Gramme etc.) davon; H nicht bloss Wasserstoff, sondern 1 Gewichtstheil davon etc. Sind zwei Elemente mit einander vereinigt, so deutet man dies durch Nebeneinandersetzung ihrer Zeichen an; HO z. B. ist die Formel für Wasser; aus dieser ersehen wir nicht nur, dass das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, sondern auch, dass in ihm immer 1 Gewichtstheil Wasserstoff (1 Aeq. H) mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff (1 Aeq. O) verbunden ist. Bei den zusammengesetzteren Verbindungen trennt man die einzelnen Glieder durch ein Komma oder aber durch das + Zeichen von einander, wie dies in den folgenden Abschnitten von selbst klar werden wird. Die bei den Formeln u n t e r h a l b der Buchstaben vorkommenden kleineren Zahlen beziehen sich immer nur auf das chemische Zeichen, an dessen Fusse sie stehen, die grösseren v o r den letzteren stehenden aber auf alle Buchstaben bis zum nächsten Komma oder + Zeichen. H_2 bedeutet demnach 2 Aeq. Wasserstoff; H_3 3 Aeq.; 2 HO dagegen bedeutet 2 Aeq. Wasser, also 2 Aeq. Wasserstoff und 2 Aeq. Sauerstoff u. s. w. Es ist jedem Anfänger aufs Dringendste anzurathen, sich mit dieser so überaus fasslichen und anschaulichen Zeichensprache recht vertraut zu machen.

96. Chemischer Vorgang bei Versuch 87. Es ist nun noch übrig, die Veränderung zu betrachten, welche das E i s e n erfahren hat, während es mit Hülfe der S c h w e f e l s ä u r e das Wasser zerlegte und Wasserstoff aus ihm frei machte.

Versuch. Man schüttet den Inhalt des Glases (von Versuch 87.) in eine Porzellanschale, erhitzt ihn darin bis zum Kochen und filtrirt: in dem Filtrum wird ein schwarzer Rückstand bleiben, der hauptsächlich aus Kohle besteht, welche in dem Eisen enthalten war; das Eisen selbst ist verschwunden, es ist aufgelöst worden, und befindet sich in der durchgelaufenen Flüssigkeit, aber nicht mehr als Eisen, sondern als E i s e n s a l z, wel-

ches sich beim Erkalten in grünen, durchsichtigen Krystallen ausscheidet. Die Bildung desselben erklärt sich aus folgendem Schema:

Wasser = Sauerstoff und Wasserstoff
Eisen ——— = Eisenoxydul
Schwefelsäure ——— = Eisensalz.

Das Eisensalz erhält sonach den Namen schwefelsaures Eisenoxydul (mit Krystallwasser); im gewöhnlichen Leben ist es unter der Benennung *Eisenvitriol* oder Kupferwasser bekannt. Eisen und Schwefelsäure können sich nicht mit einander verbinden, denn es gilt in der unorganischen Chemie als eine Regel, gegen die nur wenige Ausnahmen vorkommen, *dass sich einfache Körper gewöhnlich nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten verbinden*; wohl aber kann eine Verbindung erfolgen, wenn das Eisen sich oxydirt und dadurch zu einem zusammengesetzten Körper wird. Den zur Oxydation erforderlichen Sauerstoff findet es hier im Wasser, allein es ist nicht stark genug, um dem Wasser den Sauerstoff zu entreissen; hilft aber die Schwefelsäure mit, welche starke Lust (Verwandtschaft) hat, sich mit einer Basis zu vereinigen, so sind *beide zusammen* im Stande, das Wasser zu überwältigen, und es entsteht eine Basis (Eisenoxydul), die sogleich an die Schwefelsäure tritt. Der abgeschiedene Wasserstoff nimmt Luftform an und entweicht. Man nennt diese Art von Verwandtschaft eine *prädisponirende*.

Statt des Eisens wird auch häufig Zink zur Darstellung von Wasserstoff angewendet.

Atmosphärische Luft.

97. Unsere Erdkugel ist ringsum, wie mit einem Mantel, von Luft umgeben; man nennt diesen Mantel *Atmosphäre* oder Dunstkugel und glaubt, dass er ungefähr 10 Meilen über die feste Erde hinausrage. Die atmosphärische Luft besitzt keine Farbe und ist durchsichtig, wir können sie daher mit unseren Augen nicht sehen; ihre Theilchen sind ferner so leicht gegen

einander verschiebbar, dass wir sie nicht mit den Händen zu greifen oder festzuhalten vermögen. Man kann indess sehr leicht wahrnehmen, dass sie etwas Körperliches ist und jeden Raum ausfüllt, den man im gewöhnlichen Sprachgebrauche leer nennt, wenn man einen Trichter mit so viel angefeuchteten Papierstreifen umwickelt, dass er beim Aufsetzen auf eine Flasche den Hals der letzteren recht genau verschliesst. Füllt man jetzt den Trichter mit Wasser an, so läuft dieses nicht in die Flasche, denn die in der letzteren enthaltene Luft lässt es nicht hinein; hebt man aber den Trichter etwas in die Höhe, so stürzt das schwerere Wasser sogleich in die Flasche, da nun die leichtere Luft aus ihr entweichen kann. Auch durch Wägen kann man finden, dass ein scheinbar leeres, d. i. nur Luft enthaltendes Gefäss mehr wiegt als ein wirklich leeres, aus dem man die Luft herausgepumpt hat. Sie ist aber so leicht, dass 800 Maass Luft nur so viel wiegen als 1 Maass Wasser; dessenungeachtet aber drückt sie mit sehr grosser Gewalt auf die Erde und Alles was auf ihr ist. Diesen Druck bemerken wir jedoch nur dann, wenn die Luft an einer Stelle weggenommen wird und dadurch ein einseitiger Druck (ohne Gegendruck) entsteht.

Fig. 48.



Druck der Luft.

98. Einseitiger Luftdruck. *Versuch.* Man umwickle einen Holzstab an dem einen Ende mit Werg, das man mit Talg bestrichen hat, so dass ein Stempel entsteht, der etwas streng in ein starkwandiges Probirgläschen passt. In dem Probirgläschen bringt man etwas Wasser zum Kochen und setzt, wenn die Luft durch den gebildeten Wasserdampf aus demselben herausgetrieben, mithin durch diese Austreibung ein luftleerer Raum entstanden ist, den Stempel auf: er wird beim Erkalten des Gefässes bis auf die Oberfläche des Wassers herabgedrückt werden.

Durch Erhitzen wird er von dem sich neu erzeugenden Wasserdampf in die Höhe getrieben, durch Eintauchen in kaltes Wasser wieder heruntergeschoben. In Folge der Abkühlung entsteht nämlich ein leerer Raum, indem sich der das ganze Rohr erfüllende Dampf wieder zu Wasser verdichtet, wodurch natürlich der Gegendruck gegen das Gewicht der äusseren Luft aufgehoben wird; die letztere drückt demnach den Stempel nieder. Auf ganz gleiche Weise wird bei manchen Dampfmaschinen der Kolben im Cylinder auf- und abbewegt.

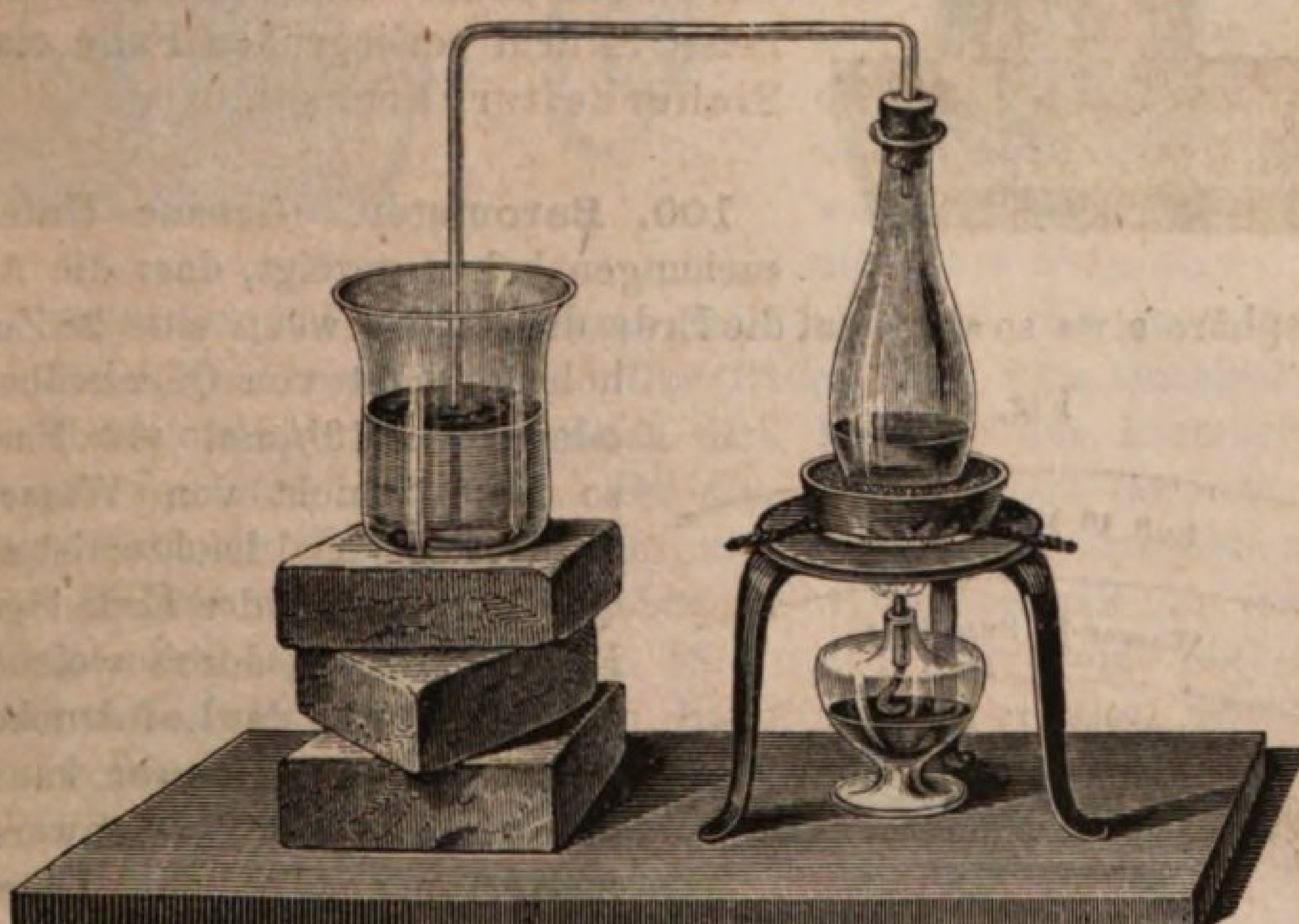
Fig. 49.



99. Zurücksteigen von Flüssigkeiten. Der einseitige Luftdruck kann bei vielen chemischen Operationen ein Auf- und Zurücksteigen von Flüssigkeiten in Röhren veranlassen.

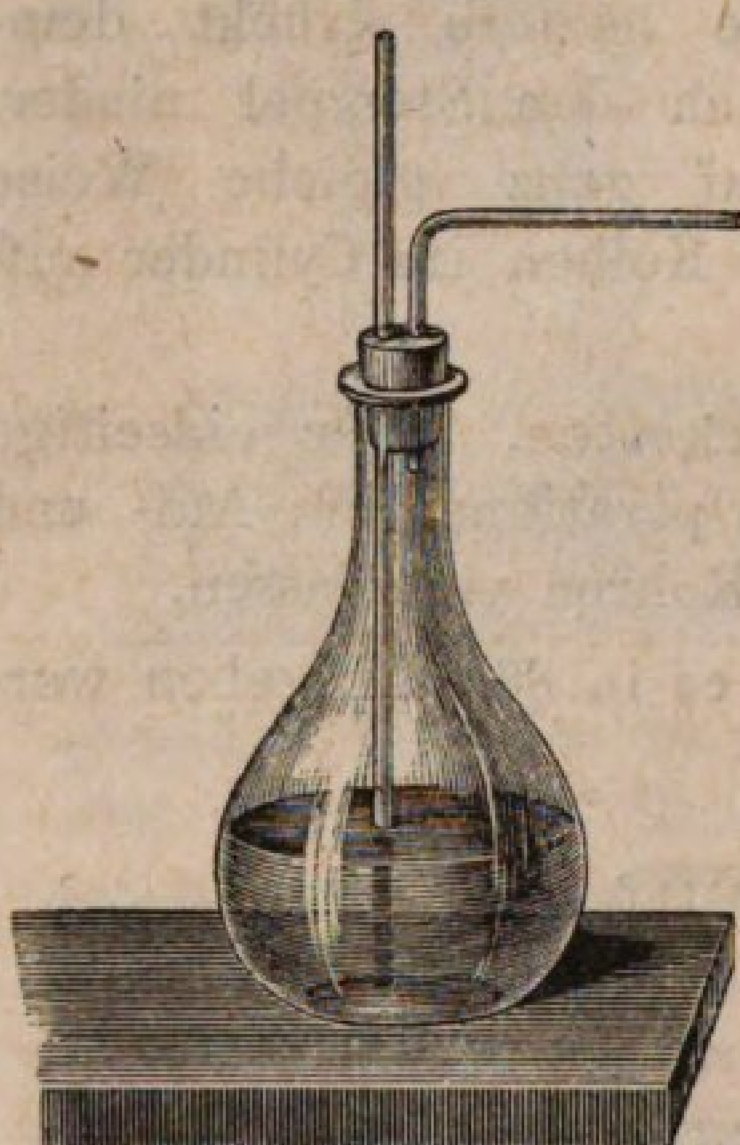
Versuch. Bringt man Wasser, wie es in 36. angegeben wor-

Fig. 50.



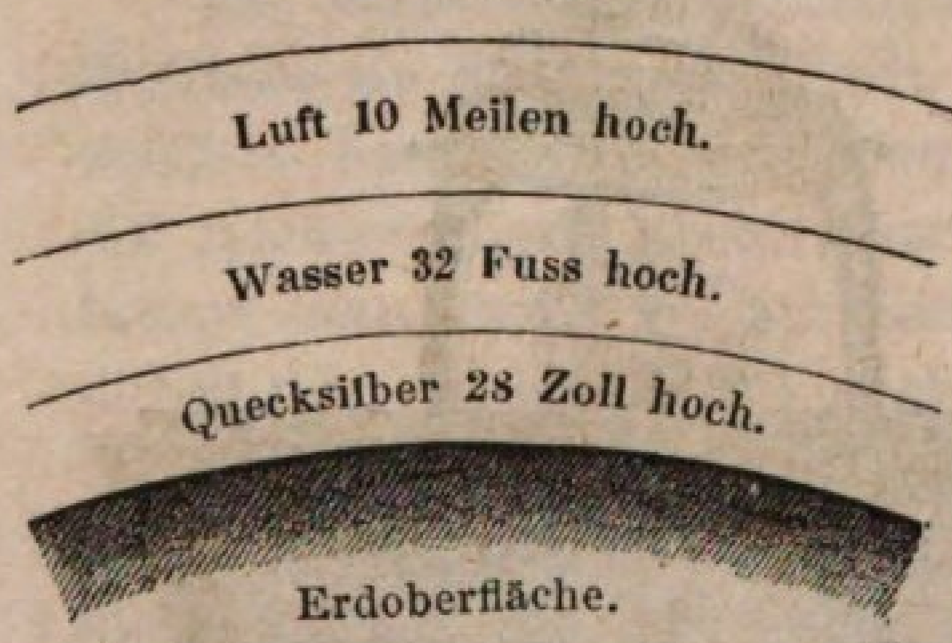
den ist, durch Dampf zum Kochen und entfernt während des Kochens die Lampe, so wird der auf die Oberfläche des Wassers im Becherglase wirkende Druck der Luft das darin befindliche Wasser sehr bald durch die Glasröhre bis in das Kochfläschchen drücken, welches sich in kurzer Zeit ganz mit Wasser anfüllt. Der Gegendruck des Dampfes muss natürlich abnehmen, so wie der Dampf sich abkühlen und wieder zu tropfbarem Wasser verdichten kann. So lange die Lampe unter dem Fläschchen steht, ist der Dampfdruck stärker als der Luftdruck, und der sich immer neu bildende Dampf drängt den schon in der Röhre enthaltenen vorwärts in das Wasser des Becherglases. Dieses Zurücksteigen von Flüssigkeiten ist besonders dann zu befürchten, wenn man Gasarten in Wasser leitet, welche leicht und in grosser Menge von demselben verschluckt werden. Man verhindert es, wenn man durch den Kork eine zweite lange oben und unten offene Glasröhre bis auf den Boden des Kochfläschchens gehen lässt, durch welche beim Nachlassen des Dampfdruckes Luft in das Fläschchen eindringen kann. Eine solche Röhre heisst in dem vorliegenden Falle eine Sicherheitsröhre.

Fig. 51.



100. Barometer. Genaue Untersuchungen haben gezeigt, dass die Atmosphäre etwa so stark auf die Erde drückt, als wenn eine 28 Zoll hohe Schicht von Quecksilber, oder eine $13\frac{1}{2}$mal (32 Fuss) so hohe Schicht von Wasser, welches $13\frac{1}{2}$mal leichter ist als Quecksilber, auf der Erde läge. Das Instrument, durch welches man die Stärke des Luftdruckes beobachten und messen kann, heisst Barometer (Schweremesser), im gewöhnlichen Leben

Fig. 52.



Wetterglas. Füllt man eine 30 Zoll lange, an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber und taucht sie dann, indem man sie mit dem Finger zuhält und umdreht, in ein Gefäss mit Quecksilber, so läuft das Quecksilber, wenn man den Finger wegzieht, nicht heraus, sondern es fällt nur um einige Zoll, ungefähr bis *s* (Fig. 53). Die Höhe der Quecksilbersäule von *ab* bis *s* beträgt ungefähr 28 Zoll. Der Grund, warum das Quecksilber nicht herabsinkt, liegt in dem einseitigen Luftdruck; die äussere Luft (die Atmosphäre) drückt nämlich nur auf das Quecksilber bei *a b*, nicht aber bei *s*, da die Röhre oben verschlossen ist. Die in der Röhre befindliche Quecksilbersäule ist als ein Gegengewicht gegen den atmosphärischen Luftdruck zu betrachten, und wir schliessen daraus, dass der letztere gerade so stark auf der Erde lastet, als eine 28 Zoll hohe Schicht von Quecksilber lasten würde. Oeffnete man die Röhre oben, so würde der Luftdruck auf beiden Seiten gleich sein und das Quecksilber aus der Röhre herausfliessen. Der Raum über dem Quecksilber bei *s* ist luftleer; er heisst nach dem Erfinder des Barometers die Toricelli'sche Leere. Bei den gewöhnlichen Barometern biegt man die Röhre unten um und versieht sie daselbst mit einer Kugel. Diese Kugel ist oben offen und vertritt die Stelle des Quecksilbergefässes in Fig. 53. Auch hier findet ein einseitiger Luftdruck statt, denn die Atmosphäre kann nur auf das in der Kugel befindliche Quecksilber drücken. Die Höhe von 0 bis zu dem oberen Stande des Quecksilbers beträgt gleichfalls ungefähr 28 Zoll.

Fig. 53.

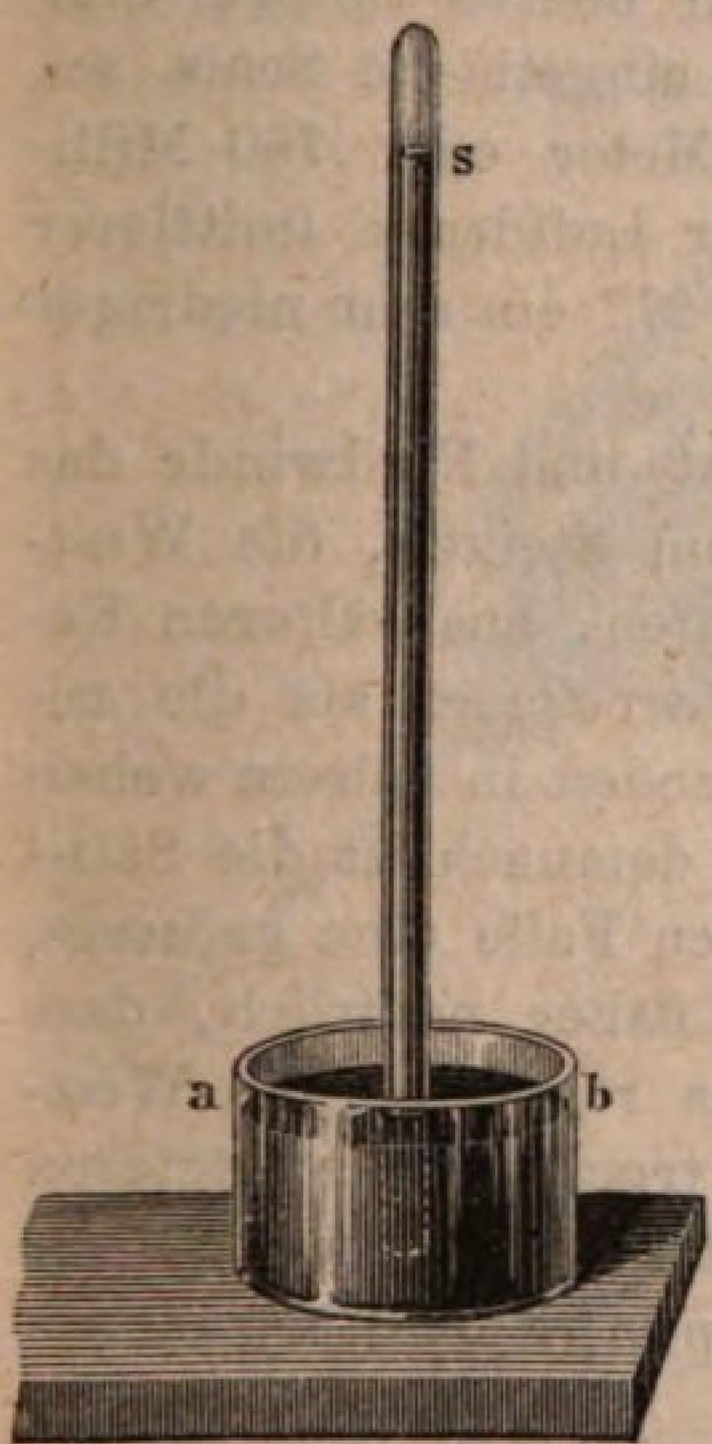
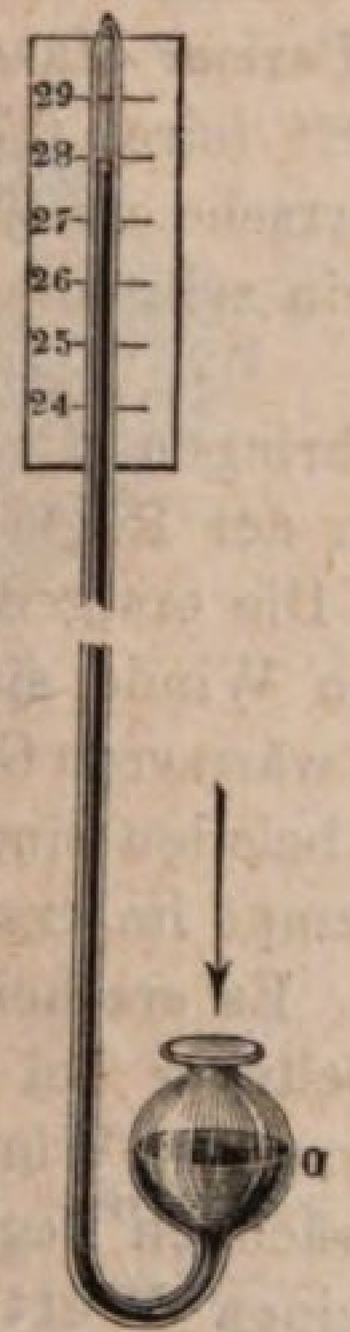


Fig. 54.



Legen wir bei einer Wage auf die eine Schale Gewichte zu, so wird die andere Schale steigen; nehmen wir Gewichte von der ersteren weg, so wird die zweite sinken. Genau dasselbe geschieht beim Barometer. Wird die Luft dichter oder schwerer, so drückt sie das Quecksilber höher hinauf und das Barometer steigt; wird sie dagegen dünner und leichter, so drückt sie schwächer auf die offene Kugel und das Quecksilber fällt oben, während es unten steigt. Um dieses Steigen und Fallen genau zu beobachten, bringt man bei dem oberen Spiegel eine in Zolle und Linien (altes Pariser Maass) eingetheilte Scala an. Steht das Quecksilber auf 28″ (circa 0,76 Meter oder 760 Millimeter), so sagt man, es herrsche mittlerer Luftdruck (mittlerer Barometerstand); 29″ wird ein sehr hoher, 27″ ein sehr niedriger Barometerstand genannt.

In unseren Gegenden bringen die Ost- und Nordwinde das Quecksilber im Barometer in der Regel zum Steigen, die West- und Südwinde zum Fallen. Die erstgedachten, aus kälteren Regionen in wärmere gehenden Winde sind trockener als die zuletzt erwähnten, welche aus wärmeren Gegenden in kältere wehen und mit mehr Feuchtigkeit beladen sind; demnach ist die Sättigungscapacität für Wasserdampf im ersteren Falle eine grössere, im letzteren eine geringere. Es erscheint daher natürlich, dass es bei Ost- und Nordwind seltener bei uns regnet als bei West- und Südwind, und dass die ersteren Winde trocknen, die letzteren nass machen. Hierin hauptsächlich liegt der Grund, warum wir das Barometer auch als einen Wetterpropheten anzusehen pflegen.

Es wird jetzt kaum noch einer näheren Erklärung bedürfen: warum das Wasser aus einem verkehrt in die pneumatische Wanne gestellten Glase nicht ausläuft; warum es in einem Heber steigt, wenn man die Luft daraus aussaugt (verdünnt); warum die Flüssigkeit aus einem Fasse unten nur dann abfliesst, wenn man den oberen Spund gelüftet hat; warum das Wasser in einer Saugpumpe aufsteigt, aber nur bis zu einer Höhe von 32 Fuss etc.

101. Verstärkung des Luftdruckes. Spritzglas. Vermehren wir den Druck oder die Spannung einer eingeschlossenen Luftmenge dadurch, dass wir sie entweder stärker zu-

sammendrücken oder mehr Luft hineinbringen, so können wir sie zwingen, mit Schnelligkeit aus einer kleineren Oeffnung herauszuströmen, wie wir es im Kleinen an jedem Blasebalge, im Grossen an den Gebläsen sehen. Befindet sich Wasser vor dieser Oeffnung, so wird die gespannte Luft auf dieses drücken und es als einen Wasserstrahl herauspressen.

Versuch. Man befestige ein Stück einer engen, an der einen Seite in eine Spitze ausgezogenen Glasröhre (92.) mittelst eines durchbohrten Korkes auf einer Flasche, fülle die letztere halb voll Wasser und blase durch die Spitze mit dem Munde Luft hinein: sie wird, wenn man mit Blasen nachlässt, als ein Luftstrom durch die Spitze wieder entweichen. Kehrt man aber das Glas, so wie die Luft eingeblasen ist, schnell um, so kommt Wasser vor die Oeffnung der Röhre und wird aus derselben herausgespritzt. Man wendet ein solches Spritzglas häufig an, um Niederschläge, die sich auf einem Filtrum befinden, mit Wasser auszuwaschen oder von den Wänden des Filtrums wegzuspülen. Eine ganz ähnliche Vorrichtung hat man unter dem Namen Windkessel an den gewöhnlichen Feuerspritzen, damit dieselben einen zusammenhängenden, ununterbrochenen Wasserstrahl geben.

Fig. 55.

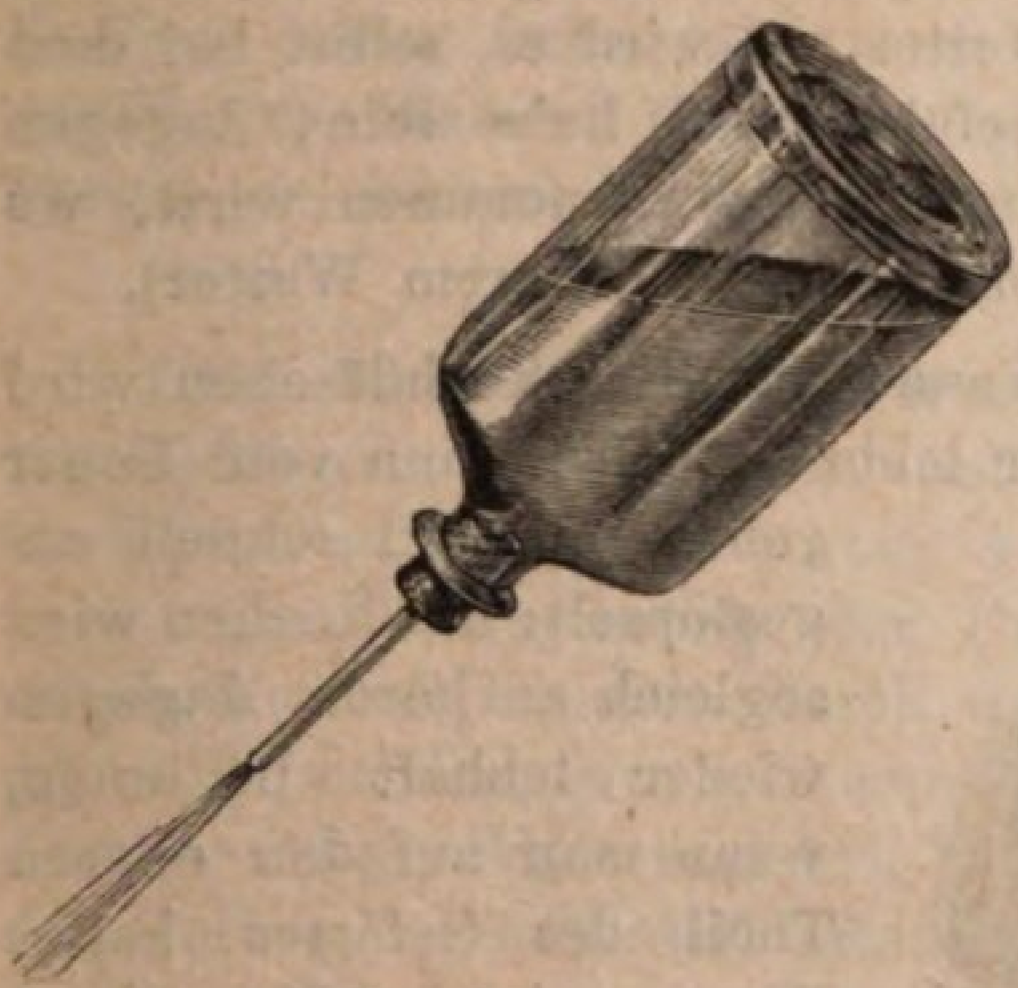
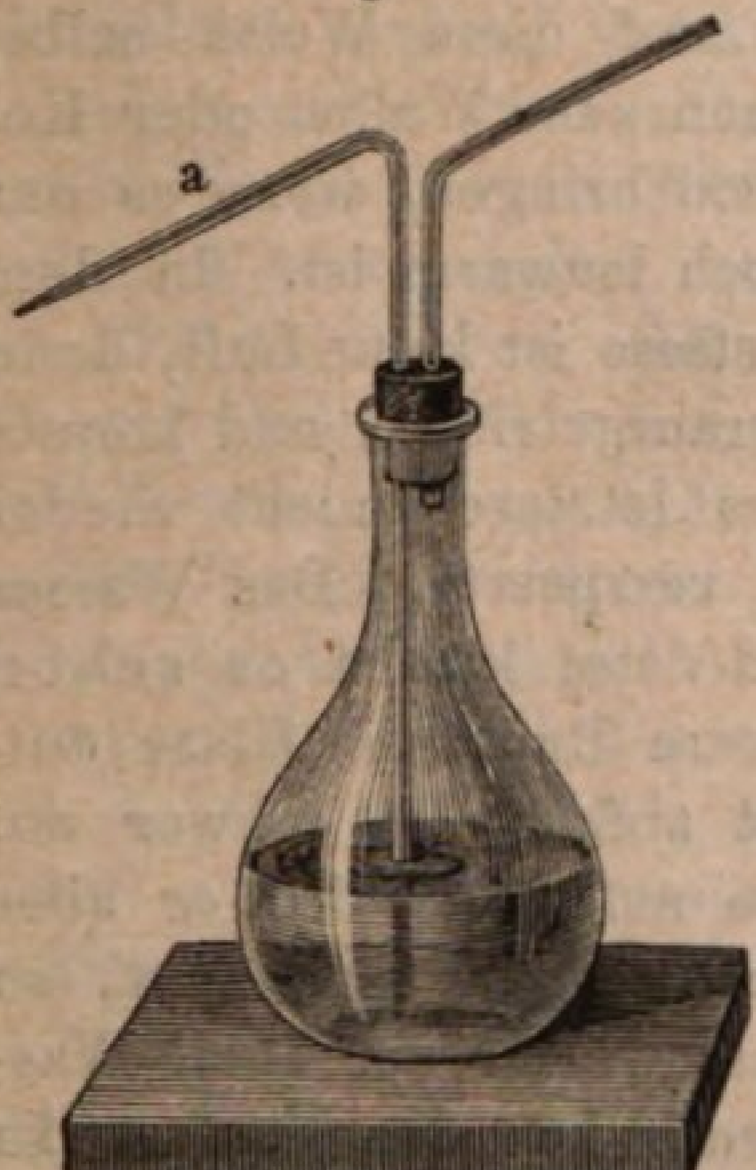


Fig. 56.



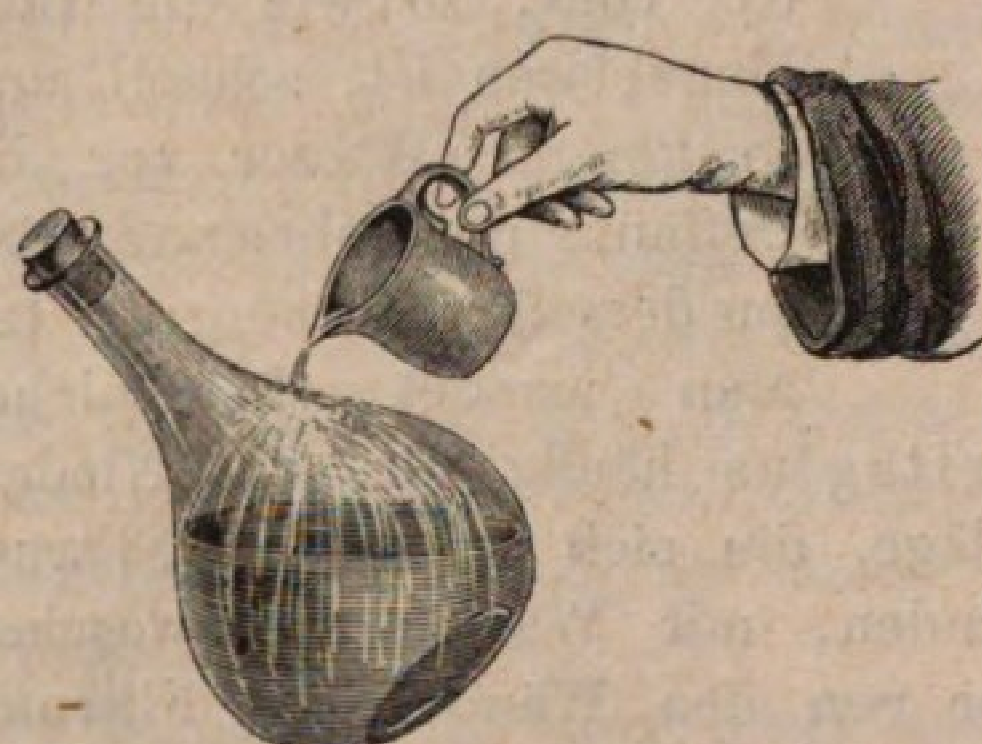
Um einen continuirlichen Wasserstrahl mit der Spritzflasche hervorzubringen oder um sich leicht heisses Wasser zum Auswaschen zu erzeugen, wendet man ein Kochfläsch-

chen an, in dessen Kork zwei enge Glasröhren eingepasst sind. Die kurze Röhre dient zum Einblasen von Luft; die Röhre *a*, die bis zum Boden des Kochfläschchens geht, ist in eine Spitze ausgezogen und aus ihr dringt ein gleichmässiger Wasserstrahl heraus, wenn man in die kurze Röhre bläst und dadurch die Luft in dem Fläschchen comprimirt.

102. Siedepunkt des Wassers bei schwachem Luftdruck. Von sehr grossem Einflusse ist der Luftdruck auf das Kochen von Wasser und anderen Flüssigkeiten. Bringt man Wasser zum Sieden, während das Quecksilber im Barometer sehr niedrig steht (bei schlechtem Wetter), so wird es, selbst bei dem lebhaftesten Aufwallen, nur ungefähr 99° C. heiss sein, dagegen 101° C., wenn das Kochen zu einer Zeit vorgenommen wird, wo der Barometerstand ein sehr hoher ist (bei heiterem Wetter).

Versuch. Ein halb mit Wasser gefülltes Kochfläschen wird so lange erhitzt, bis das Wasser lebhaft kocht, dann vom Feuer genommen und schnell zugestöpselt: das Kochen wird sogleich aufhören, dagegen wieder lebhaft beginnen, wenn man auf den oberen Theil des Gefässes kaltes Wasser giesst. Man kann es auf diese Weise selbst dann zum Wallen oder Kochen bringen, wenn es nur noch lauwarm ist. In dem Gefässe ist keine Luft, denn diese wurde durch den Wasserdampf herausgetrieben und konnte bei der Abkühlung und Verdichtung des letzteren nicht wieder eindringen, da der Kork ihr den Weg versperrte. Das Wasser hat also über sich keinen Luftdruck und dann kocht es schon bei einer Wärme von 20° C. Der leere Raum im Glase enthält nur Wasserdampf, und dieser lastet anfangs so schwer auf dem flüssigen Wasser, dass das Kochen aufhört; wird er aber durch das aufgegossene kalte Wasser zum Theil verdichtet, so vermindert sich sein Druck so sehr, dass wieder ein Theil Wasser unter kochender Bewegung luftförmig werden kann. In

Fig. 57.



manchen Fabriken, z. B. in Zuckersiedereien, hat man eigene Apparate (Vacuumpfannen), um den Zuckersaft im luftleeren Raume einzukochen und zu verdampfen etc.

Die Luft ist am dichtesten in der Ebene und am Meere, sie wird dagegen um so dünner, je mehr man sich von der Erde entfernt, weil man dann weniger Luft über sich hat. Es folgt hieraus, dass das Barometer auf einem Berge niedriger stehen und das Wasser leichter kochen muss, als unten im Thale. Auf dem Gipfel des Montblanc steht das Quecksilber nur noch 16 Zoll hoch im Barometer und das Wasser geräth schon bei 84° C. ins Kochen. Man kann daher sowohl das Barometer als den Kochpunkt des Wassers dazu anwenden, um daraus die Höhe der Berge, welche sich besteigen lassen, zu berechnen.

103. Siedepunkt des Wassers bei starkem Luft- oder Dampfdruck. Wie Wasser unter vermindertem Drucke leichter kocht, so kocht es unter vermehrtem Drucke schwerer. Eine Vermehrung des Druckes kann aber nicht bloss durch die Luft, sondern durch den Wasserdampf selbst hervorgebracht werden, wenn immer neuer erzeugt wird, ohne dass der bereits gebildete abziehen kann. Dies geschieht, wenn man das Gefäss, worin Wasser erhitzt wird, fest verschliesst, am einfachsten durch einen fest eingeschraubten Deckel. Man nennt ein solches Gefäss, wenn es klein ist, einen Papinianischen Topf, wenn es gross ist, einen Dampfkessel, und ist im Stande, darin Wasser bis zu 200° C., ja noch weit höher zu erhitzen, während es unmöglich ist, es in unbedeckten Gefässen heisser als 100° zu machen. Ist noch einmal so viel Dampf darin, als für gewöhnlich Platz hat, wenn das Gefäss offen ist, so sagt man, der Druck betrage 2 Atmosphären; bei der 3-, 4-, 5-, 10-, 20-fachen Menge nennt man in gleicher Weise den Druck oder die Spannung des Dampfes 3, 4, 5, 10, 20 Atmosphären stark. Die Temperatur steigt bei 2 Atm. auf 121,4° C., bei 3 Atm. auf 135°, bei 4 Atm. auf 145,4°, bei 8 Atm. auf 172°, bei 16 Atm. auf 203,6° u. s. f. Man wendet Gefässe solcher Art oft an, um ein vollständiges Eindringen des Wassers in feste und harte Körper zu bewirken; so löst z. B. das Wasser von 100° aus Knochen nur oberflächlich ein wenig Leim auf, während Wasser von 110° bis

120° die Knochen vollständig durchdringt und auch den im Innern enthaltenen Leim auszieht.

Luft und Wärme.

104. Ausdehnung durch Wärme. Die Wärme dehnt die Luft aus, ganz auf dieselbe Weise, wie es bei den festen und flüssigen Körpern der Fall ist, nur in viel höherem Grade.

Versuch. Man tauche eine mit einer Kugel versehene Glasröhre in Wasser und erwärme die Kugel gelinde: ein Theil der Luft wird ausgetrieben und entweicht in Blasen durch das Wasser; die erwärmte Luft hat also in der Kugel nicht mehr Platz, sondern braucht einen grösseren Raum, als sie in kaltem Zustande nöthig hatte. Hieraus folgt auch, dass die warme Luft leichter sein muss als kalte. Entfernt man die Lampe, so wird die in der Kugel gebliebene Luft sich beim Erkalten wieder zusammenziehen, und an der Stelle der ausgetriebenen Luft Wasser in die Höhe gedrängt werden. 100 Maass Luft von 0° C. geben gegen 137 Maass Luft von 100° C.

Fig. 58.



105. Luftzug. Durch die verschiedene Leichtigkeit der warmen und kalten Luft werden eine grosse Menge alltäglicher Erscheinungen erklärlich. Bei unseren Zimmerheizungen erwärmt sich zuerst die den Ofen berührende Luft, und steigt, da sie durch die Erwärmung leichter wird, in die Höhe; dafür strömt von unten kältere Luft hinzu, die sich gleichfalls erwärmt und aufsteigt; es findet daher eine stete Luftcirculation statt.

Durch eine ähnliche Circulation wird die gesammte Atmosphäre in einer fortwährenden Bewegung erhalten. Unter dem Aequator steigt nämlich die stark erwärmte Luft in die Höhe und bewegt sich in den oberen Luftregionen nach den Polen zu; in den unteren Regionen dagegen strömt die kalte Luft von den Polargegenden nach dem Aequator, um hier das Gleichgewicht wieder herzustellen, welches durch das Aufsteigen der warmen Luft in jedem Augenblicke gestört wird. Man nennt die hierdurch entstehenden regelmässigen Luftströmungen, deren Richtung aber durch den bei der Umdrehung der Erde um ihre Axe entstehenden Luftzug etwas verändert wird, Passatwinde.

In jeder *geheizten Stube* kann man leicht durch das blosse Gefühl wahrnehmen, dass die Luft an der Decke wärmer ist als am Fussboden. Oeffnet man eine Thür oder ein Fenster in einem solchen Zimmer, so entsteht ein Luftzug, dessen Richtung man deutlich wahrnehmen kann, wenn man ein Licht in die Oeffnung hält: die Lichtflamme wird oben bei *c* hinaus-, unten bei *a* hereingeweht, während sie in der Mitte aufrecht bleibt; es strömt also oben die leichte, warme Luft aus dem Zimmer hinaus und dafür zieht unten die schwerere und kältere von aussen herein. Tritt man aus der Sonne in den Schatten, so bemerkt man ebenfalls einen Luftzug; da wo die Sonne scheint, strömt nämlich die wärmere Luft aufwärts, und kältere aus dem Schatten tritt an ihre Stelle. Aus demselben Grunde muss überall, wo ein Feuer brennt, in jedem Ofen, um jedes Licht, jede Lampe herum, eine Luftströmung entstehen. Wie ausserordentlich leicht die Luft durch Erwärmung werden kann, das zeigen unter Anderem die *Luftballons* recht deutlich, die man Montgolfieren nennt; diese werden bloss dadurch zum Steigen gebracht, dass man sie mit Luft anfüllt, welche

Fig. 59.



BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

durch ein unten angebrachtes Feuer fortwährend heiss erhalten wird.

106. Gase und Dämpfe. Sonst kannte man nur eine Luftart, die atmosphärische Luft, die Chemie hat aber gezeigt, dass es sehr viele Arten von Luft giebt: leichte und schwere, giftige und unschädliche; Luftarten, welche brennen, andere, die zwar nicht selbst brennen, aber doch ein brennendes Licht fortbrennen lassen, noch andere, die es auslöschen etc. Sie hat auch gezeigt, dass in vielen festen und flüssigen Körpern Luftarten versteckt oder chemisch gebunden sind, in denen man dem äusseren Ansehen nach keine vermuthen sollte; im Quecksilberoxyd z. B. Sauerstoff, im Wasser Sauerstoff und Wasserstoff etc. Man benennt diese Luftarten gewöhnlich mit dem Namen Gase; ihr natürlicher Zustand ist der luftförmige, und diesen vertauschen sie nur dann mit dem festen oder flüssigen, wenn sie gezwungen werden.

Dämpfe. Viele andere Körper werden erst luftförmig, wenn man sie erwärmt, manche leichter, z. B. Weingeist und Wasser, andere schwerer, z. B. Schwefel und Quecksilber; sie verlieren aber die Luftform wieder, sie werden wieder tropfbar oder fest, wenn man sie abkühlt. Solche Luftarten heissen Dämpfe; sie sind nur gezwungen luftförmig, ihr natürlicher Zustand ist der flüssige oder feste.

107. Specifisches Gewicht oder Volumgewicht der Gase und Dämpfe. Die verschiedene Dichtigkeit der Gase und Dämpfe wird, ebenso wie bei den festen und flüssigen Körpern (14), durch specifische Gewichtszahlen ausgedrückt, man nimmt hierbei aber nicht das Wasser, sondern die atmosphärische Luft als Einheit an. Da die gasförmigen Körper durch Temperaturerhöhung sich sehr stark ausdehnen, ferner auch bei Veränderungen des Druckes ihr Volumen erheblich ändern, so hat man bei ihnen die Bestimmung des specifischen Gewichts immer bei gleicher Temperatur (gewöhnlich 0^0 C.) und gleichem Barometerstande (gewöhnlich $0{,}76^{m}$) vorzunehmen oder auf diese zu berechnen.

Für chemische Zwecke empfiehlt es sich, das Gewicht von 1 Liter des leichtesten Gases, des Wasserstoffs, als Einheit anzu-

nehmen. Man hat dieses Einheitsgewicht 1 Krith genannt. Es stellen sich dann für je 1 Liter nachstehender Gase und Dämpfe bei 0^0 C. und $0{,}76^m$ Bar. folgende einfache Zahlen heraus: für Stickstoff 14, für Sauerstoff 16, für Schwefelgas (Dampf) 32, für Chlorgas 35,5, für Jodgas (Dampf) 127 Krith u. a. m.

108. Specifische Wärme der Gase und Dämpfe. Nimmt man, wie bei 42, das Wasser als Einheit an, so beträgt für gleiche Gewichte die specifische Wärme des Wasserstoffs 3,4, die des Wassergases (Dampfes) etwa 0,48, des Stickstoffs 0,24, des Sauerstoffs 0,22, der atmosphärischen Luft 0,23. Für gleiche Volume sind die specifischen Wärmezahlen bei Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und einigen anderen permanenten Gasen fast gleich. Die specifische Wärme der Dämpfe ist in der Regel geringer als die derselben Körper in flüssigem Zustande.

Bestandtheile der atmosphärischen Luft.

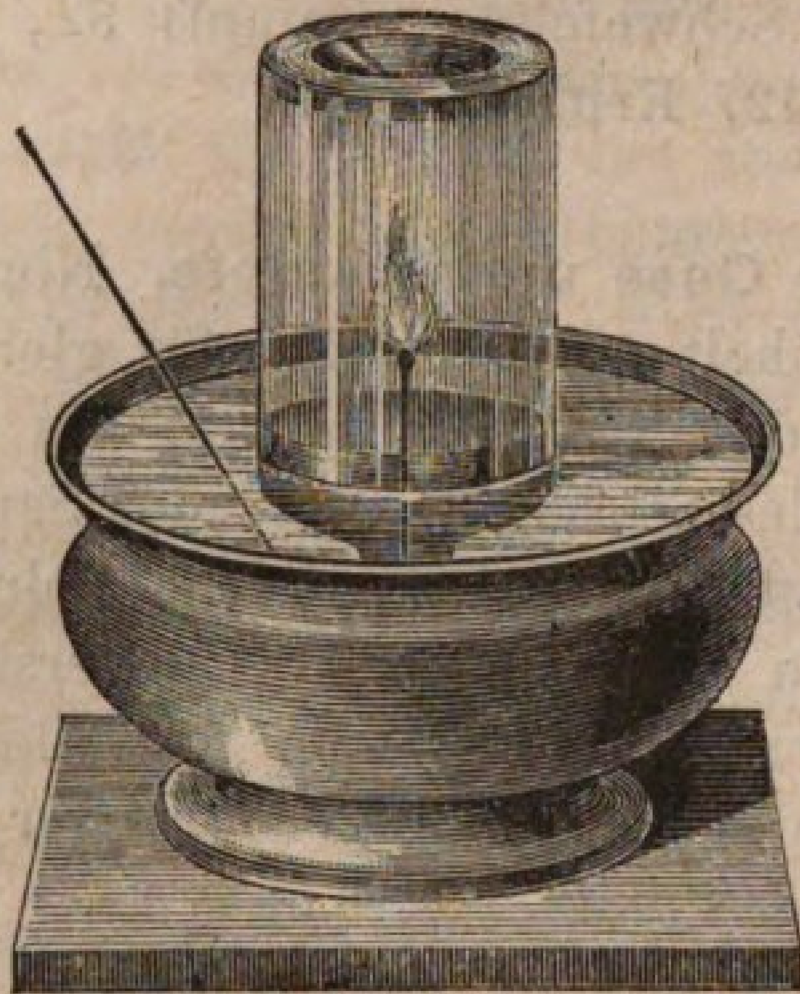
— 1777 von Scheele und Lavoisier, 1801 genauer von Gay-Lussac und Humboldt nachgewiesen. —

109. Hauptbestandtheile der Luft. Die letzte Frage, welche wir an die Luft zu richten haben, ist: Welches sind ihre Bestandtheile? denn dass sie kein einfacher Stoff, kein Element sei, wurde schon oben angeführt.

Versuch. Man binde ein Stückchen Schwamm an einen Draht, giesse einige Tropfen Weingeist darauf und halte den Draht so in eine Schüssel, in der sich Wasser befindet, dass der Schwamm einige Zoll über das Wasser zu stehen kommt; dann zünde man den Weingeist an und stürze schnell ein leeres Glas so tief darüber, dass die Oeffnung desselben etwas ins Wasser eintaucht: die Flamme wird sehr bald verlöschen, von dem Wasser aber etwas in das Glas steigen, nämlich gerade so viel, als Luft beim Verbrennen verschwunden ist. Die verschwundene Luft war Sauerstoffgas, die sich mit den Bestandtheilen des Weingeistes verbunden hat. Die Flasche wird mit dem Finger verschlossen, tüchtig geschüttelt und unter dem Wasser wieder

geöffnet, wobei ein wenig Wasser eintreten wird. Die Luft, welche noch in der Flasche ist, heisst **Stickstoff**, weil lebende Thiere in ihr ersticken, brennende Körper aber auslöschen. Sie bildet den Hauptbestandtheil unserer atmosphärischen Luft; in 5 Maass der letzteren sind 4 Maass Stickstoff enthalten, von Sauerstoff aber nur 1 Maass. Diese zwei Grundbestandtheile sind jedoch in der Luft nicht chemisch mit einander verbunden, sondern nur mechanisch gemengt, wie, abgesehen von anderen Gründen, daraus geschlossen werden muss, dass sie bei ihrer Zusammenmengung keine Verdichtung und Aenderung ihrer Eigenschaften erfahren und schon durch Wasser allein in ihrem Mengeverhältnisse verändert werden, da dieses, mit Luft geschüttelt, mehr Sauerstoff und weniger Stickstoff daraus aufnimmt, als der Zusammensetzung der letzteren entspricht.

Fig. 60.



110. Nebenbestandtheile der Luft. Ausser dem Stick- und Sauerstoff enthält die Luft immer noch Wasserdunst und Kohlensäure. Die Gegenwart des ersteren wird deutlich genug aus dem Regen, Schnee, Thau etc. klar, die aus der Luft herabfallen; von der steten Anwesenheit der Kohlensäure aber kann man sich leicht überzeugen, wenn man, wie in Nro. 47 angegeben, Kalkwasser an der Luft stehen lässt oder in einer Flasche mit Luft schüttelt. Der Kalk hat die Fähigkeit, die Kohlensäure an sich zu ziehen und mit ihr ein unlösliches Salz (kohlensauren Kalk oder Kreide) zu bilden; die entstehende Trübung ist die Folge davon; sie ist das „Ja" auf die durch das Kalkwasser an die Luft gerichtete Frage. Fragt man, woher diese Kohlensäure komme? so dient zur Antwort: sie bildet sich überall, wo Körper verbrennen, wo Menschen und Thiere athmen und wo Thier- und Pflanzenstoffe verwesen oder verfaulen.

In Wohnstuben, Schlafstuben und anderen abgeschlossenen Localen, in denen Menschen sich aufhalten, wird die Luft immer verschlechtert, d. h. ärmer an Sauerstoff und dafür reicher an Kohlensäure; zur Erhaltung der Gesundheit ist demnach eine öftere Lufterneuerung (Ventilation) nöthig.

In 100 Maassen Luft, wie sie im Freien vorkommen, sind ungefähr enthalten:

79 M. Stickstoff (N), 21 M. Sauerstoff (O), $^1/_{30}$ bis $^1/_{15}$ M. Kohlensäure (CO_2) und sehr veränderliche Mengen von Wasserdunst (HO). Ein sehr kleines und schwankendes Quantum des Sauerstoffs ist darin als Ozon zugegen.

Dass die Luft auch noch andere Beimengungen enthalten müsse, kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dass Alles, was auf unserer Erde sich verflüchtigt oder verstäubt, von ihr aufgenommen wird. Die von den Gewürzinseln kommende Luft riecht noch in einer Entfernung von 8 bis 10 Meilen nach Zimmt und Nelken; den in der Luft enthaltenen Staub sieht man deutlich an den Stellen, wo ein Sonnenstrahl durch sie hindurchgeht etc. Diese Beimengungen sind jedoch gewöhnlich so gering, dass sie sich dem Gewichte oder Maasse nach nicht bestimmen lassen. Für die Vegetation sind insbesondere noch die in der Luft immer enthaltenen kleinen Mengen von Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure und Kochsalz wichtig, da sie, sei es indem sie durch Regen und Thau auf die Erde herabgespült oder durch die grünen Theile der Pflanzen direct aus der Luft angezogen werden, zum Wachsthum der letzteren wesentlich beitragen.

Stickstoff oder Nitrogen (N).

(Aeq.-Gew. = 14. Specif. Gew. = 0,97.)

— 1772 von Rutherford nachgewiesen; 1775 von Scheele und Lavoisier näher bestimmt. —

111. Eigenschaften des Stickstoffs. Das Stickstoffgas, dessen Bereitung oben schon angegeben wurde, lässt sich aus der atmosphärischen Luft auch durch andere, den Sauerstoff leicht anziehende Körper, z. B. durch brennenden Phosphor oder glühendes Eisen oder Kupfer abscheiden. Es führt seinen Na-

men mit Unrecht, wie sich schon daraus abnehmen lässt, dass wir es unausgesetzt in der Luft einathmen und wieder ausathmen, ohne irgend einen Nachtheil zu bemerken; es wirkt nur erstickend, wenn es keinen Sauerstoff enthält und weil es keinen enthält. Der menschliche Körper ist so eingerichtet, dass er die zu seinem Gedeihen dienenden Stoffe nicht in der reinsten Gestalt vertragen kann; der starke Weingeist wirkt giftig, belebend dagegen, wenn er mit 6- bis 8mal so viel Wasser verdünnt ist, wie z. B. in dem Wein. Ebenso würde auch der reine Sauerstoff das menschliche Leben bald aufreiben; wir finden ihn daher mit 4mal so viel Stickstoff verdünnt und unserem Bedürfnisse angepasst in der atmosphärischen Luft.

Das Stickstoffgas hat weder Farbe noch Geruch oder Geschmack und ist ein wenig leichter als die atmosphärische Luft. In chemischer Beziehung verhält es sich als ein sehr träger oder indifferenter Stoff, denn es verbindet sich durch directes Zusammenbringen nur mit einigen wenigen Körpern. In den meisten Fällen muss man Umwege einschlagen, um es mit anderen Elementen, z. B. mit Sauerstoff zu Salpetersäure, mit Wasserstoff zu Ammoniak, mit Kohlenstoff zu Cyan u. a. m. zu verbinden. Es ist aber sehr verbreitet in der Natur, besonders im organischen Naturreiche, denn wir finden es in allen Pflanzen und allen Thieren, in den letzteren besonders in überwiegender Menge. Auch in dem Salpeter oder Nitrum ist es enthalten, und dies hat Veranlassung gegeben, ihm den Namen Nitrogen (Salpetererzeuger) und das Zeichen N beizulegen. Früher führte es den Namen Azot.

Kohle und Feuer.

Kohlenstoff oder Carbon (C). C = 12

(Aeq.-Gew. = 6.)

— Kohlenstoff der organischen Körper lange bekannt; im Graphit 1779, im Diamant 1773 nachgewiesen. —

112. Kohlenstoff der organischen Körper. Ein Stück Holz, auf eine heisse Ofenplatte gelegt, wird braun, endlich schwarz: es verkohlt; ein brennender Span, mit Wasser be-

gossen, löscht aus: er zeigt sich auch verkohlt; ein Stück Leinwand wird zu Zunder, wenn wir es anbrennen und das Feuer nachher wieder ausdrücken. Zunder ist verkohlte Leinwand. Im ersten Falle war die Hitze nicht stark genug, um das Holz ganz zu verbrennen, im zweiten wurde das vollständige Verbrennen durch Abkühlung verhindert, in dem dritten durch Abschluss der Luft. Alle Pflanzen- und Thierstoffe werden, wenn man sie nur unvollständig verbrennen lässt, in Kohle verwandelt. Da die Kohle bei Abschluss der Luft auch in der stärksten Hitze unschmelzbar ist, so ist das Aeussere derselben, je nach der Beschaffenheit und Structur der Substanzen, aus denen sie dargestellt wurde, sehr verschieden; ja diese Verschiedenheit erstreckt sich oft auch auf die inneren Eigenschaften der Kohle (Holzkohle, Russ, Coaks, Knochenkohle etc.). Bei der Verkohlung organischer Körper wird die Kohle nicht erst erzeugt, sondern sie war vorher schon in diesen Körpern, aber in einer chemischen Verbindung mit anderen Stoffen, welche beim Erhitzen grösstentheils fortgehen, was man leicht daran erkennt, dass der verkohlte Körper viel weniger wiegt als er vorher wog. Alle Pflanzen und Thiere bestehen demnach zum Theil aus Kohle, oder, wie man in der Chemie sagt, aus Kohlenstoff oder Carbon (= C).

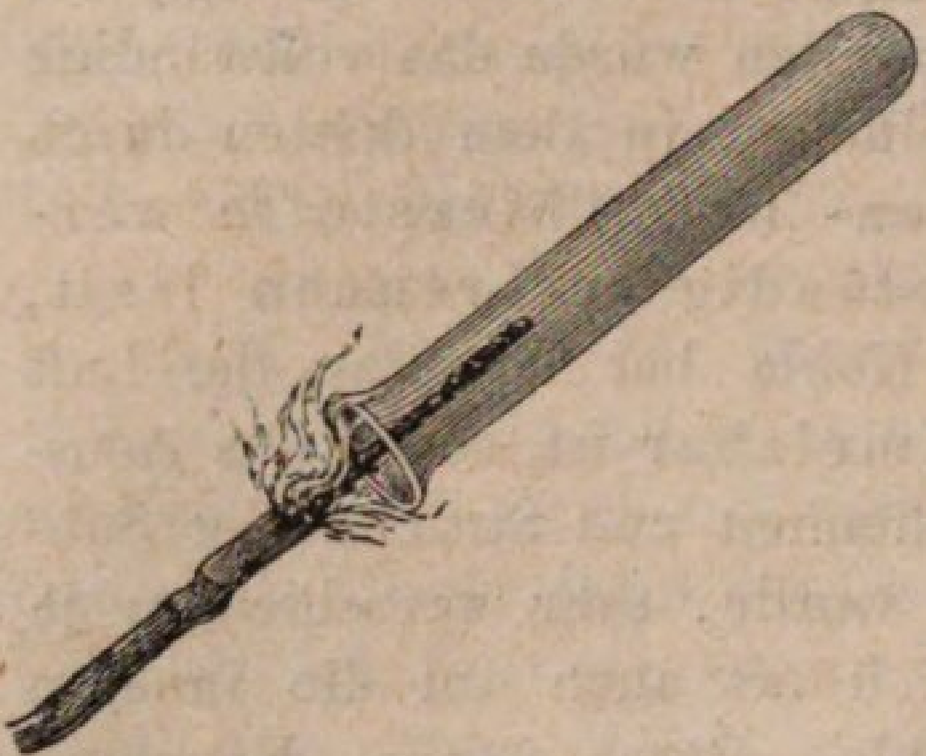
Kohlenstoff im Mineralreiche. Ausserdem finden wir den Kohlenstoff auch im Mineralreiche; so macht er den Hauptbestandtheil der Steinkohlen, Braunkohlen etc. aus, die jedenfalls aus den Pflanzen einer früheren Zeit gebildet worden sind; so findet er sich fast rein im Diamant und Graphit; so ist er, mit Sauerstoff chemisch verbunden, in dem Kalkstein, Marmor, der Kreide und anderen Steinarten enthalten.

Versuche mit Holzkohle.

113. Darstellung der Holzkohle (C mit wechselnden, geringen Mengen von Wasserstoff, Sauerstoff und Asche). *Versuch.* Man bedecke einen brennenden Holzspan nach und nach mit einem Probirgläschen (Fig. 61): er wird nur ausserhalb desselben mit Flamme brennen, im Innern dagegen, weil die Luft abgehalten ist, nur verkohlen. Auf eine ähnliche Weise bereitet man sich im Grossen Holzkohle, indem man Holzstösse (Meiler) errichtet,

diese mit Rasen und nasser Erde bedeckt und nachher durch hinzugeschüttete glühende Kohlen im Innern anbrennt. Diese würden aber aus Mangel an Luft wieder auslöschen, wenn man nicht an verschiedenen Punkten des Meilers mit Holzstangen (Schürbäumen) Löcher durch die Erddecke stiesse, durch welche frische Luft eindringen und die verbrannte Luft entweichen kann. Es darf aber nur so viel Luft hinzugelassen werden, als zur Verkohlung oder halben Verbrennung des Holzes gerade nöthig ist. Ist dieses in der Gegend, wo eine Oeffnung sich befindet, geschehen, so verschliesst man die letztere und stösst eine neue an einer anderen Stelle ein, wodurch sich das Feuer im Innern des Holzstosses nach diesem Punkte hinzieht. Zuletzt verstopft man alle Oeffnungen sorgfältig, damit das Feuer ersticke. Nach dem Erkalten findet man das Holz durch und durch schwarz und verkohlt, man kann aber das Gefüge und die Jahresringe daran noch deutlich erkennen. 1 Kilogr. Holz giebt ungefähr $1/_4$ Kilogr. Holzkohle.

Fig. 61.



114. Saugkraft der Holzkohle. Die Holzkohle besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, Gase und Dämpfe einzusaugen und in sich zu verdichten, wie auch feste Stoffe aus ihren Lösungen anzuziehen und festzuhalten, wie die folgenden Versuche deutlicher darthun werden.

Einsaugung von Gasen und Dämpfen. *Versuch* a. Man wäge ein Stück frisch ausgeglühter Kohle und lasse es einen Tag an einem feuchten Orte liegen: es wiegt jetzt mehr als vorher, weil die Kohle im Stande ist, Luft und Wasserdunst einzusaugen und in sich zu verdichten. Taucht man die Kohle nun in heisses Wasser, so wird die Luft in unzähligen Bläschen wieder aus der Kohle entweichen; das schwerere Wasser treibt sie aus und dringt an der Stelle der Luft in die kleinen Zwischenräume oder Poren der Kohle ein. Das Platzen und Herumspringen solcher Kohlen, wenn sie ins Feuer geworfen werden, erklärt sich hier-

durch leicht; die schnelle Hitze dehnt die in der vollgesogenen Kohle enthaltenen Luftarten und Wasserdünste so stark aus, dass die letzteren, um entweichen zu können, die Kohle zersprengen. Blanke Stahlwaaren packt man oft in Kohlenpulver ein, damit die Luft im Innern der Packete trocken erhalten und der Stahl vor dem Rosten geschützt werde. Ebenso kann die zerkleinerte Kohle wegen ihrer Saugkraft benutzt werden, um Krankenzimmer und andere mit ungesunden Ausdünstungen und Luftarten angefüllte Räume zu reinigen.

Anziehung von gelösten Stoffen. *Versuch* b. Frisch geglühte Holzkohle wird zu einem groben Pulver zerrieben und auf ein Papierfiltrum geschüttet. Auf diese Kohle giesse man nun Rothwein, oder Wasser, welches man durch einige Tropfen Tinte schwarz gefärbt hat: die Flüssigkeit wird farblos oder wenigstens viel blasser aus dem Trichter ablaufen, weil die Kohle den Farbstoff absorbirt und zurückhält. In den Zuckersiedereien benutzt man diese Eigenschaft der Kohle, um den braunen Zuckersyrup farblos zu machen. — Ordinärer Branntwein wird durch Kohle angenehmer von Geruch und Geschmack, weil das sogenannte Fuselöl desselben in den Poren der Kohle zurückgehalten wird; Bier verliert durch Kohle seine Bitterkeit, weil ihm seine Hopfenbestandtheile von der letzteren entzogen werden.

Fig. 62.

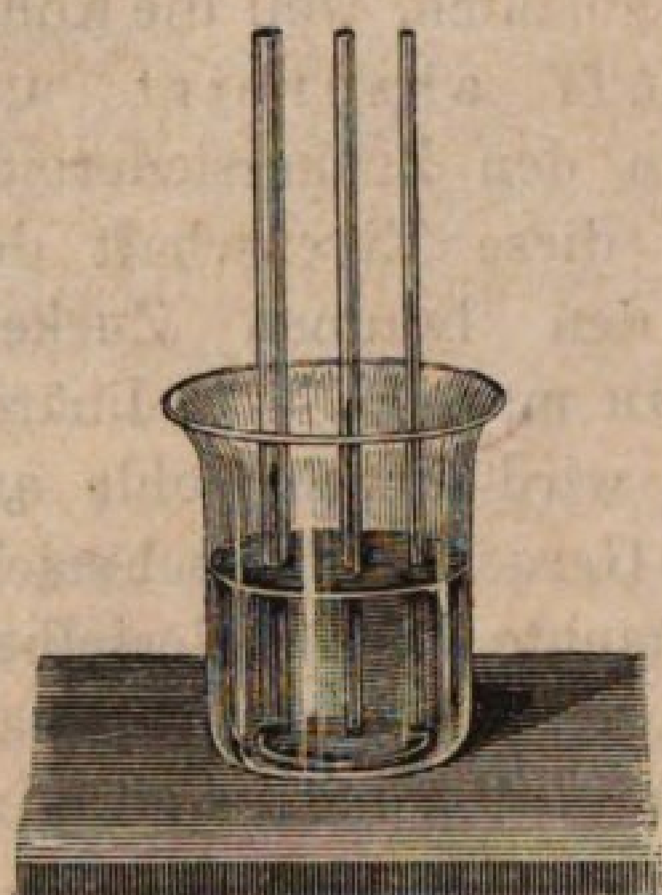


Anziehung von fauligen Stoffen. *Versuch* c. Filtrirt man fauliges und schmutziges Wasser durch Kohle, so verliert das Wasser seinen fauligen Geschmack und wird hell und farblos. In grossen Städten, wo Mangel an Trinkwasser ist, pflegt man nicht selten das unappetitlichste Flusswasser durch blosse Filtration durch Kohle wieder trinkbar zu machen. Auf ähnliche Weise lässt sich dumpfig gewordenes Getreide reinigen, wenn man dasselbe mit Kohlenpulver genau vermengt und einige Wochen damit in Berührung lässt. Die Kohle ver-

mag auch das Eintreten der Fäulniss bei Pflanzen- oder Thierstoffen auf längere Zeit zu verhindern; so bleibt Wasser in Fässern, die man inwendig etwas verkohlte, Jahre lang trinkbar; so halten sich die Kartoffeln zur Frühjahrszeit in den Kellern länger ohne zu keimen und zu faulen, wenn man die Zwischenräume mit Kohlenpulver ausfüllt; selbst Fleisch geht langsamer in Fäulniss über, entwickelt wenigstens keinen fauligen Geruch, wenn man es in Kohlenpulver einpackt, da dieses die sich erzeugenden stinkenden Gasarten einsaugt.

115. Porosität der Holzkohle. Adhäsion. Die Ursache dieser merkwürdigen Kraft der Kohle, so verschiedenartige Stoffe an sich zu ziehen und in sich festzuhalten, liegt in dem schwammartigen, porösen Zustande derselben. Giesst man Wasser auf eine Glasscheibe, so bleibt eine dünne Schicht davon an der Oberfläche hängen und die Scheibe wird benetzt; sie hat also die Kraft, Wasser festzuhalten. Man nennt diese Kraft Flächenanziehung oder Adhäsion. Viel stärker sehen wir diese Adhäsion in engen Glasröhren, wenn man diese in Wasser taucht; das Wasser steigt in ihnen in die Höhe, und zwar um so höher, je enger die Röhren sind und je mehr die concave Oberfläche der Flüssigkeit gekrümmt ist. Man nennt diese Art der Adhäsion Capillarität oder Haarröhrchenanziehung. Sie ist es, die das Aufsteigen des Oeles in den Lampendochten, wie das des Wassers in dem Löschpapier, im Zucker, in den Mauern etc. bewirkt. Auf ganz ähnliche Weise ziehen alle festen Körper, welche viele Poren, also auch viele Zwischenwände haben, Flüssigkeiten und Luftarten an. In einem wallnussgrossen Stücke von Holzkohle befinden sich viele Hunderte von Scheidewänden, die, wenn man sie neben einander legen könnte, eine mehr als 1000mal so grosse Fläche bedecken würden, als das Stück Kohle allein bedeckt. Die Anziehungskraft dieser grossen Fläche ist so gewaltig, dass die Kohle von manchen Luftarten 80- bis 90-

Fig. 63.



mal so viel einsaugen kann, als sie selbst Raum einnimmt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Luftarten bei einer solchen Zusammendrängung in einen 80- bis 90mal kleineren Raum in dem Innern der Kohle fest oder flüssig werden.

Bei dem Platinschwamm (90), einem noch poröseren Körper als die Kohle, entsteht in Folge der Aufsaugung von Sauerstoff und Wasserstoff eine bis zum Glühen des Platins gehende Erhitzung. In geringerem Grade tritt auch bei der Holzkohle Erwärmung ein, wenn sie Gasarten verschluckt, ja diese kann ebenfalls, namentlich bei Aufhäufung grosser Massen von pulverisirter Kohle, bis zum Erglühen, bis zur Selbstentzündung derselben gehen, wie manche, besonders in Pulverfabriken vorgekommene Unglücksfälle gezeigt haben.

Wasserstoffgas und Sauerstoffgas vereinigen sich nicht chemisch mit einander, wenn man sie auch noch so lange zusammenstehen lässt, sie vereinigen sich aber augenblicklich zu Wasser, wenn man Platinschwamm mit dem Gemenge in Berührung (Contact) bringt. Diese Wirkungsweise wird jetzt leicht zu begreifen sein, wenn man sich erinnert, dass die chemische Kraft nur in der grössten Nähe, also bei der innigsten Berührung der Körper, wirkt. Im Platinschwamm, wie in anderen porösen Körpern, können Gasarten bis auf den 80sten, ja in ersterem bis auf den 800sten Theil ihres Volumens verdichtet werden; sie müssen sich also darin 80- bis 800mal näher und inniger berühren.

116. Andere Arten von Kohle. Ausser der Holzkohle finden vorzugsweise noch folgende Arten von Kohle mannigfache Anwendung:

Russ oder Kienruss (C mit anhängenden brenzlichen Stoffen) ist höchst feiner Kohlenstaub, der sich aus gasförmigen Kohlenstoffverbindungen, gewöhnlich aus Leuchtgas, z. B. aus der Flamme von Steinkohle, Holz, Oel, Harz etc., dann absetzt, wenn während des Verbrennens nicht genug Luft hinzutreten kann. Eine besonders feine Sorte davon heisst Lampenschwarz (128). Von den beigemengten brenzlichen Stoffen befreit man den Russ entweder durch Ausglühen in gut bedeckten Gefässen

oder durch Ausziehen desselben mit starkem Weingeist. Der Russ ist bekanntlich unsere wichtigste schwarze Farbe (Tusche, Druckerschwärze).

Coaks oder verkohlte Steinkohlen (C mit wechselnden, oft bedeutenden Mengen von Asche oder Schlacke) sind grau, mehr oder weniger porös, sehr hart und metallisch glänzend; sie verbrennen ohne Russ und geben dabei eine sehr starke Hitze und werden daher als ein treffliches Brennmaterial, z. B. beim Eisenschmelzen und bei Dampfwagen, benutzt. Bei der Bereitung von Leuchtgas aus Steinkohlen gewinnt man sie als Nebenproduct (130).

Knochenkohle (C innig gemengt mit Knochenerde, meist auch etwas Stickstoff enthaltend) wird durch Erhitzung der Knochen in verschlossenen Gefässen gewonnen. Ihr Gehalt an Kohle beträgt zwar nur ungefähr $^1/_{10}$ (die übrigen $^9/_{10}$ sind Knochenerde), dessenungeachtet aber ist ihre entfärbende Kraft so stark, dass sie allen anderen Kohlenarten als Entfärbungsmittel von braunem Zuckersyrup oder anderen dunklen Flüssigkeiten vorgezogen wird.

Ganz abweichende, merkwürdige Eigenschaften zeigen zwei im Mineralreiche vorkommende Arten von Kohlenstoff: der Graphit und der Diamant.

Graphit oder Wasserblei (krystallisirter schwarzer Kohlenstoff), eine graue, metallisch glänzende Masse, ist so abfärbend, dass wir unsere Bleistifte daraus darstellen und eisernen Gegenständen damit einen metallisch glänzenden Anstrich geben (Eisenschwärze); er ist so weich und schlüpfrig, dass wir ihn zur Verhinderung der Reibung der Wagenschmiere, Maschinenschmiere etc. zusetzen; er ist endlich so äusserst schwer verbrennlich im Feuer, dass man Schmelztiegel daraus macht, welche die stärkste Hitze aushalten, ohne zu verbrennen (Passauer Schmelztiegel).

Diamant (krystallisirter farbloser Kohlenstoff) ist der härteste aller Körper. Er hat zwar äusserlich nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Kohle, man kann ihn aber in Sauerstoffgas vollständig verbrennen und erhält dabei

nur Kohlensäure, und zwar genau so viel, als ob man ein eben so schweres Stück reiner Holzkohle oder Coaks verbrannt hätte. Soll ein Körper krystallisiren, so muss er vorher flüssig oder luftförmig gemacht werden; dies geschieht entweder durch Schmelzung oder Auflösung. Wir können weder das eine noch das andere mit der Kohle; sie schmilzt in der stärksten Hitze nicht, noch weniger verdampft sie, sie löst sich ferner in keiner uns bis jetzt bekannten Flüssigkeit auf. Sollte es einst gelingen, ein Mittel aufzufinden, um sie flüssig oder gasförmig zu machen, so würden sich die Diamanten unfehlbar auch künstlich nachbilden lassen.

117. Dimorphie und Polymorphie. Der Kohlenstoff zeigt auf eine recht anschauliche Weise, wie ein und derselbe Körper in ganz verschiedenen allotropischen Zuständen (84) und mit ganz verschiedenen Eigenschaften auftreten kann. In der Holzkohle, dem Russ, Coak und der Thierkohle ist er schwarz ohne eine bestimmte Gestalt (amorph), und leicht verbrennlich; im Graphit ist er schwarz, blätterig krystallisirt und äusserst schwer verbrennlich; im Diamant farblos, wie eine vierseitige Doppelpyramide krystallisirt und ebenfalls schwer zu verbrennen. Kann ein Körper zwei oder noch mehr verschiedene Gestalten annehmen, so heisst er im ersteren Falle dimorph (zweigestaltig), im letzteren polymorph (vielgestaltig).

Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt jedenfalls in der Art und Weise, wie die kleinsten Theilchen oder die Molecule des Kohlenstoffs mit einander verbunden sind. Dieselben Fasern der Baumwolle, welche nach dem Kämmen parallel neben einander liegen, geben verworren durch einander geschlungen Papier oder Pappe, locker verschlungen Watte, gewunden Garn, regelmässig gekreuzt Kattun, bei veränderter Verkettung Strumpfwaaren, Sammet, Velpel u. s. w. Was der Mensch hier künstlich vermag, das vermag auch die Natur durch physikalische und chemische Kräfte, nur auf eine ungleich feinere, künstlichere und mannigfaltigere Weise. Wir sehen die Zusammenfügung der Molecule zwar nicht mit unseren Augen, auch nicht durch das stärkste Vergrösserungsglas, wissen daher auch nicht genau, ob diese Vorstellungsweise richtig ist; wir halten die letztere aber doch für gerechtfertigt und für sehr nützlich, weil wir

durch sie in den Stand gesetzt werden, uns die gedachten Verschiedenheiten auf eine einfache und ungezwungene Art zu erklären.

Verbindungen des Kohlenstoffs.

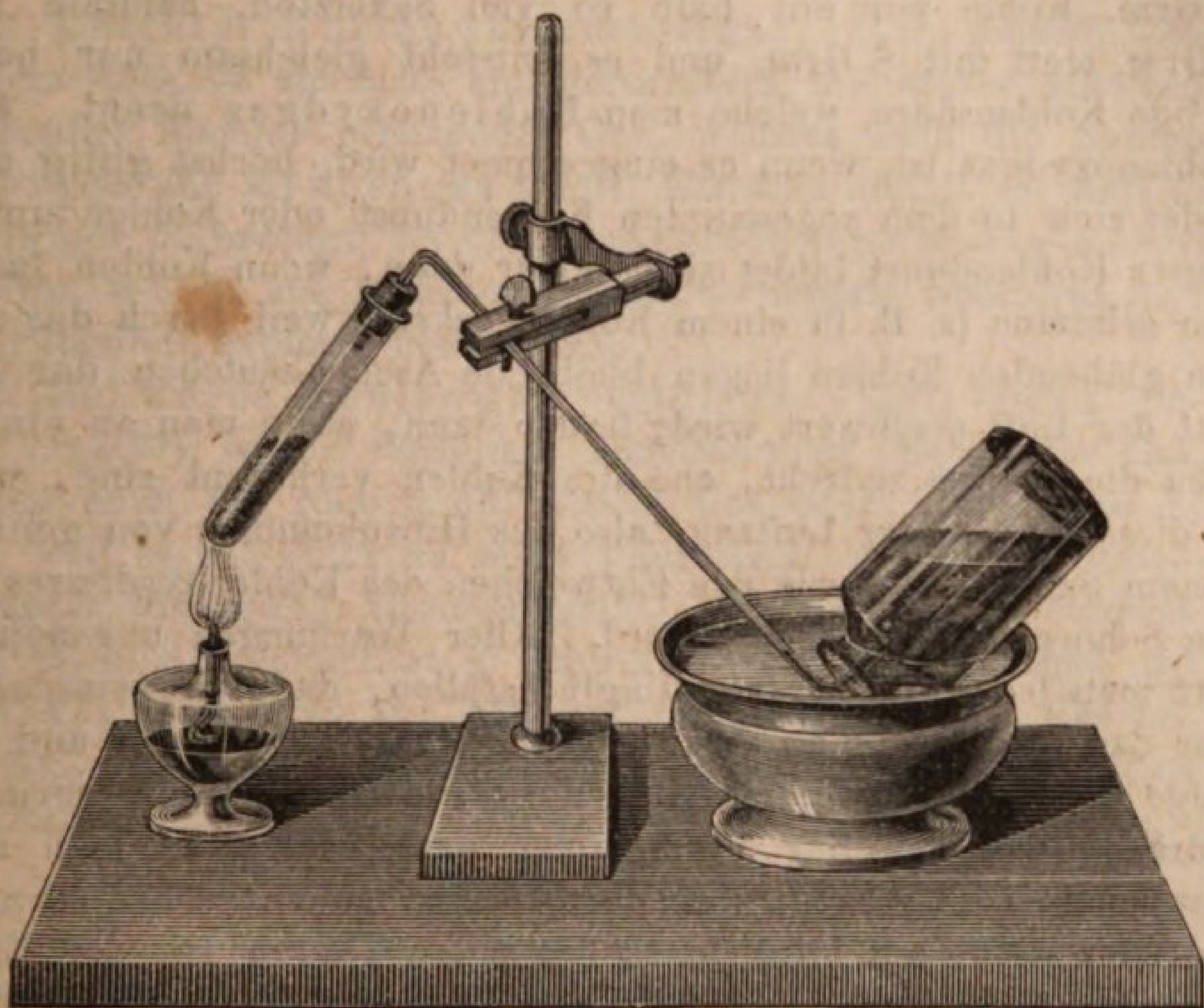
118. Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlensäure, CO_2. Lässt man Kohle an der Luft oder in der Erde liegen, so verändert sie sich nicht: sie ist unverweslich und unzerstörbar bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. sie geht keine Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft oder des Wassers ein. Dies geschieht aber sehr leicht und schnell, wenn man sie bis zum Glühen erhitzt, wie allgemein bekannt ist; sie verbrennt und verschwindet darin bis auf einen unbedeutenden Rückstand von Asche. Die Hitze, welche dabei entwickelt wird, ist eine Folge ihrer chemischen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft. Die dadurch gebildete Luftart heisst Kohlensäure; sie giebt mit Kalkwasser einen weissen Niederschlag (kohlensauren Kalk), wie dies schon mehrmals erwähnt worden ist. Die Kohlensäure besteht aus 1 Aeq. Kohlenstoff und 2 Aeq. Sauerstoff, hat also die Formel $= CO_2$. Man erhält sie auch auf folgende Weise:

Versuch. 5,4 Grm. Quecksilberoxyd werden mit 0,2 Grm. Kohle gemengt und in einem Probirgläschen erhitzt (Fig. 64). In dem hierbei gewonnenen Gase löscht ein brennender Holzspan aus, es ist also kein Sauerstoff (57). Schüttelt man Kalkwasser mit demselben, so entsteht eine Trübung und der Finger wird beim Umschütteln des Gefässes angezogen oder vielmehr durch die atmosphärische Luft in den Glashals gedrückt, ein Beweis, dass die Luftart vom Kalkwasser verschluckt wurde und ein luftleerer Raum im Innern des Glases entstand. Wurde nach 57. Quecksilberoxyd für sich erhitzt, so zerfiel es in Quecksilber und Sauerstoff; dies geschieht auch hier, allein der Sauerstoff entweicht nicht als solcher, sondern verbindet sich zuvor mit einem Theile der vorhandenen Kohle, das entweichende Gas ist demnach Kohlensäure. Das Quecksilber findet sich als ein Metallspiegel an dem oberen, kälteren Theile des Probirgläschens.

Nach Beendigung des Versuches findet man noch etwas Kohle am Boden, denn es haben sich nur 0,15 Grm. Kohlenstoff mit

den im Quecksilberoxyd enthaltenen 0,4 Grm. Sauerstoff, oder duplirt 3 Decigr. des ersten mit 8 Decigr. des letzteren verbun-

Fig. 64.



den, also genau so viel als bei der Verbrennung der Kohle in reinem Sauerstoff (65. 72). Man sieht: 3 Gewichtstheile Kohlenstoff können ebenso viel Sauerstoff festhalten als 100 Gewichtstheile Quecksilber, oder (nach 72) ebenso viel als 8 Gewichtstheile Schwefel, $6^1/_5$ Gewichtstheile Phosphor, 23 Gewichtstheile Natrium oder 21 Gewichtstheile Eisen. Man nennt diese Zahlen **Aequivalente**; sie geben uns an, dass 3 Gewichtstheile Kohle chemisch so viel werth sind, so viel leisten, als 100 Gewichtstheile Quecksilber, oder als 8 Gewichtstheile Schwefel etc. Wir sagen in demselben Sinne, wenn wir sehen, dass eine Dampfmaschine in einem Tage dieselbe Arbeit verrichtet, wozu 4 Pferde oder statt derselben 24 Menschen nothwendig sein würden: die Kraft der Dampfmaschine ist äquivalent (gleich stark) der Kraft von 4 Pferden oder von 24 Menschen (Weiteres über die Kohlensäure s. 196 ff.).

119. Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlenoxydgas, CO. Bei jeder Verbrennung, wo die Kohle genug Luft antrifft, entsteht Kohlensäure; fehlt es aber an Luft, so verbinden sich 3 Grm. Kohle nur mit halb so viel Sauerstoff, nämlich mit 4 Grm. statt mit 8 Grm. und es entsteht gleichsam nur halbfertige Kohlensäure, welche man Kohlenoxydgas nennt. Das Kohlenoxydgas ist, wenn es eingeathmet wird, höchst giftig und findet sich in dem sogenannten Kohlendunst oder Kohlendampf. Dieser Kohlendunst bildet sich immer dann, wenn Kohlen langsam glimmen (z. B. in einem Kohlenbecken), weil durch das auf den glühenden Kohlen liegen bleibende Aschenhäutchen der Zutritt der Luft erschwert wird; ferner dann, wenn man an einem Ofen die Klappe zudreht, ehe die Kohlen verbrannt sind, weil in diesem Falle der Luftzug, also das Hinzukommen von genugsamem Sauerstoff, sowie das Entweichen des Kohlenoxydgases in den Schornstein verhindert wird. Aller Warnungen ungeachtet hört man jeden Winter von Unglücksfällen, dadurch veranlasst, dass das Abzugsrohr an den Oefen zu früh verschlossen und in Folge davon das gebildete Kohlenoxydgas in die Stube zurückgedrängt wurde. Zur Vermeidung derselben sollte man die Klappen in dem Abzugsrohre des Rauches ganz abschaffen und den Ofen dafür mit luftdicht schliessenden Thüren vor der Einfeuerung und dem Aschenfalle versehen, welche ebenfalls das schnelle Abkühlen des Ofens und Zimmers verhindern.

Das Kohlenoxydgas brennt beim Anzünden mit blauer Flamme und nimmt dabei noch die Menge von Sauerstoff auf, die es bei seiner Entstehung wegen Mangels an Luft nicht erlangen konnte, nämlich noch einmal so viel als es schon besitzt; es geht dabei in Kohlensäure über: aus CO wird CO_2. Die blaue Flamme, die man immer bemerkt, wenn frische Kohlen bei einem Feuer aufgeschüttet werden, oder wenn grosse Mengen glühender Kohlen über einander liegen, ist brennendes Kohlenoxydgas.

120. Kohlenstoff und Wasserstoff. Der Kohlenstoff verbindet sich zwar auf directem Wege nicht mit dem Wasserstoff, dennoch aber giebt es sehr viele Verbindungen dieser beiden Elemente, welche theils in den lebenden Pflanzen natürlich gebildet, theils durch Veränderung der Pflanzen- und Thierstoffe künstlich erzeugt werden. Feste Kohlenwasserstoffe sind z. B.

das Kautschuck, flüssige das Terpentinöl und Steinöl, luftförmige das Sumpfgas und Leuchtgas. Die zwei letzteren bilden hauptsächlich die Flamme unserer Beleuchtungsmittel und sind daher etwas näher zu betrachten.

a. Leichtes Kohlenwasserstoffgas, C_2H_4 (specif. Gewicht = 0,56), ist ein farb- und geruchloses, mit blauer, schwach leuchtender Flamme brennendes Gas, welches auch die Namen Sumpfgas und Grubengas trägt. Ersteren erhielt es, weil es sich immer da erzeugt, wo organische Stoffe unter Wasser faulen; letzteren, weil es aus manchen Steinkohlenlagern ausströmt und die Grubenluft explosiv macht (125).

b. Schweres Kohlenwasserstoffgas, C_4H_4 (specif. Gewicht = 0,97), ist ein farbloses, eigenthümlich riechendes Gas, welches auch die Namen ölbildendes Gas oder Elaylgas (s. d.) führt, weil es mit Chlor zu einer ölförmigen, in Wasser untersinkenden Flüssigkeit zusammengeht. Wegen seines grösseren Gehaltes an Kohlenstoff ist es schwerer als das Grubengas und mit stark leuchtender Flamme brennbar. Unser Kerzen-, Lampen- und Gaslicht verdankt dieser Verbindung seine Leuchtkraft.

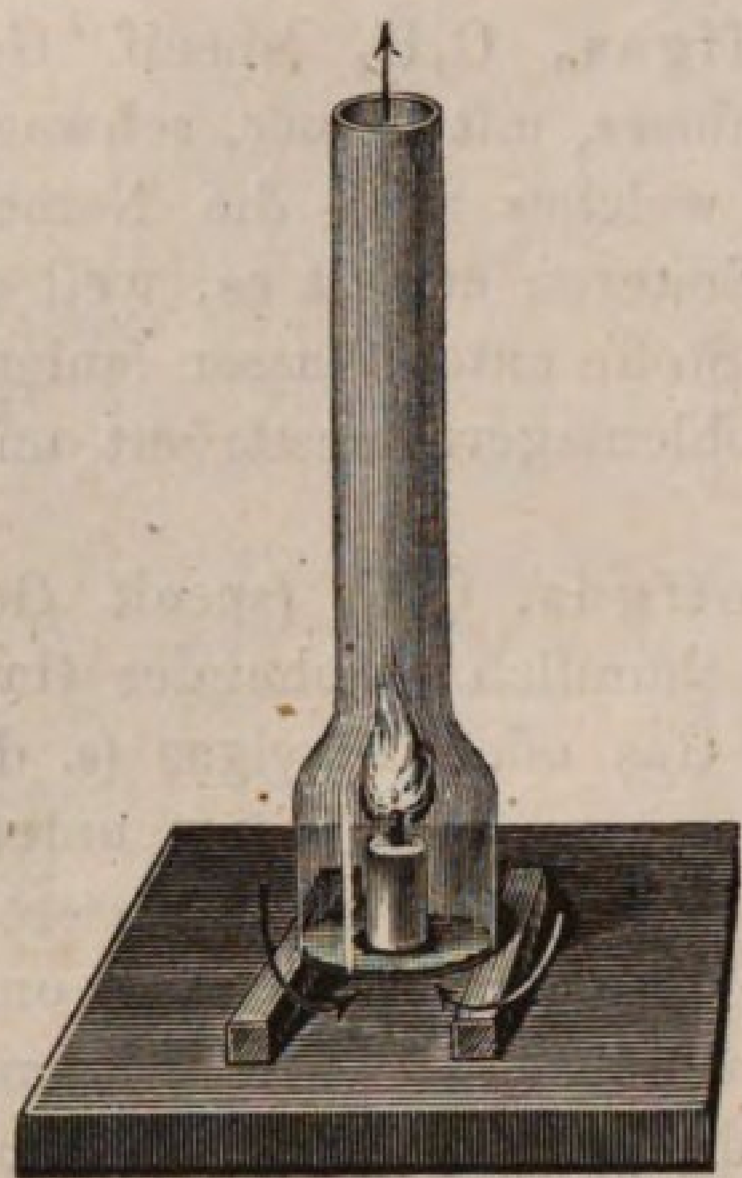
Verbrennung.

— Bis 1780 einem besonderen Brennstoff (Phlogiston) zugeschrieben; von Lavoisier zuerst als ein Oxydationsprocess erkannt. —

121. Bedingungen der Verbrennung. Alle im gewöhnlichen Leben vorkommenden Verbrennungen entstehen durch eine schnelle chemische Verbindung der brennbaren Körper mit dem Sauerstoff der Luft, und können demnach als Oxydationsprocesse betrachtet werden. Die verbrannten oder oxydirten, d. h. mit Sauerstoff verbundenen Brennmaterialien sind meist luftförmig, wir nennen sie Rauch; in ihnen kann eine weitere Verbrennung nicht mehr stattfinden. Es folgt hieraus: dass man, um eine Verbrennung zu unterhalten, zu dem Feuer immer frische Luft hinzuführen, von demselben aber die verbrannten Luftarten, den Rauch, hinwegleiten muss. Dies geschieht durch den Luftzug. Ferner muss der Hitzgrad erreicht und erhalten werden, bei dem der betreffende Körper an- und fortbrennen kann.

122. Luftzug. *Versuch.* Ein Stückchen Talglicht wird angezündet und darüber ein gewöhnlicher Lampencylinder gestellt: es verlöscht sehr bald, weil keine frische Luft von unten hinzutreten kann. Ebenso löscht das Licht aus, wenn man den Cylinder oben mit einem Brettchen bedeckt, ob man ihn auch unten so hält, dass Luft einströmen kann: es verlöscht in diesem Falle, weil das Entweichen der verbrannten Luftarten verhindert wird. Stellt man den Cylinder aber unbedeckt auf ein Paar Holzstäbchen, so brennt das Licht ruhig fort und man kann an dem Rauche eines eben ausgeblasenen Wachsstockes, den man in die Nähe der unteren Oeffnung hält, leicht sehen, dass unten die Luft hineinströmt, oben aber wieder entweicht, nachdem sie zum Verbrennen gedient hat und dabei heiss und leichter geworden ist.

Fig. 65.



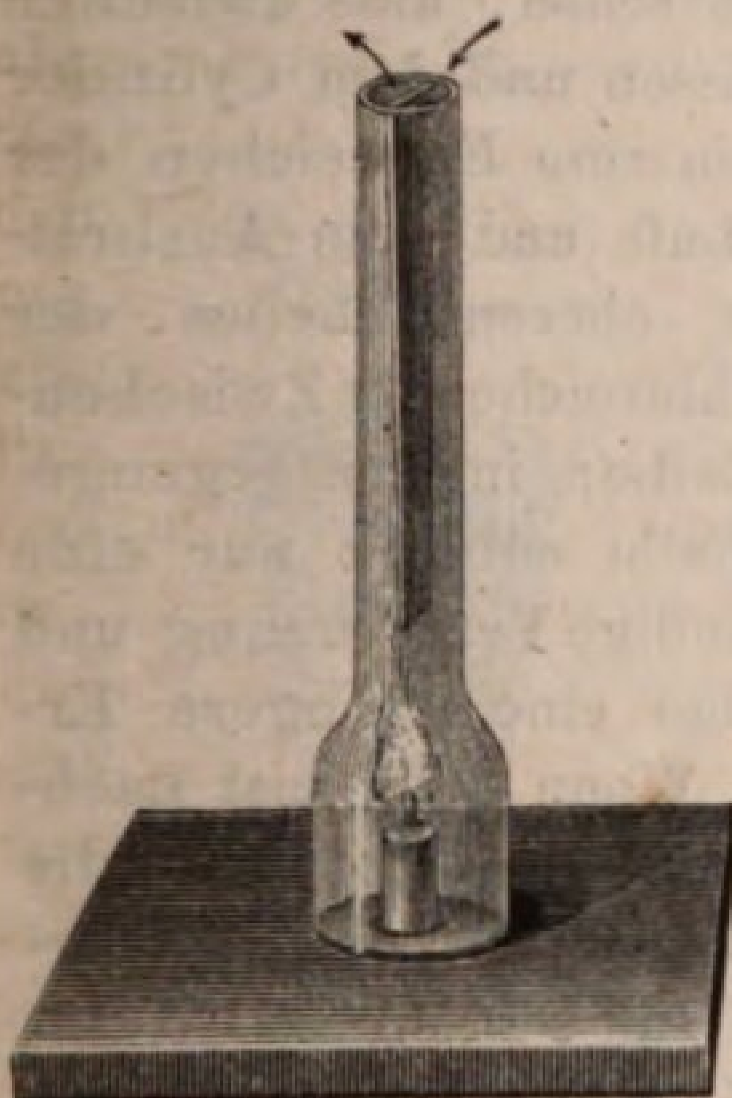
Einer freien Lichtflamme kann man die Hand von oben ziemlich nahe bringen, ohne sie zu verbrennen; ist das Licht aber mit dem Cylinder umgeben, so wird man mit der Hand ein sehr grosses Stück in die Höhe rücken müssen, ehe man die Hitze der Flamme ertragen kann. In dem ersten Falle breitet sich die heisse Luft nach allen Seiten aus, in dem letzteren wird sie durch den Cylinder zusammengehalten. Eine Folge hiervon ist, dass die heisse Luft oben schneller ausströmen und dafür unten schneller kalte hinzutreten muss. Durch diesen vermehrten Luftzug bewirken die Cylinder eine raschere und vollständigere Verbrennung und eine hellere und stärker leuchtende Flamme.

Was die Cylinder für die Lampen sind, das sind die Schornsteine für die Oefen. Es ist bekannt, dass enge, sogenannte russische Essen besser ziehen als weite; aus ersteren entweicht die Luft heisser und schneller, es strömt daher auch durch den Aschenherd eine grössere Menge kalter Luft zu

dem Feuer und verursacht eine grössere Lebhaftigkeit der Verbrennung.

Versuch. Theilt man den oberen Theil des Cylinders durch einen eingeschobenen Holzspan in zwei Hälften, so brennt das Licht fort, auch wenn von unten nicht Luft zu demselben dringen kann. Der Rauch eines glimmenden Wachsstockes wird auf der einen Seite, wie es die Pfeile andeuten, hereingezogen, auf der anderen herausgetrieben; es entsteht also ein Luftzug von oben nach unten, wodurch das Licht den zum Verbrennen erforderlichen Sauerstoff erhält, wie dies auch an der zitternden Bewegung der Flamme zu sehen ist.

Fig. 66.



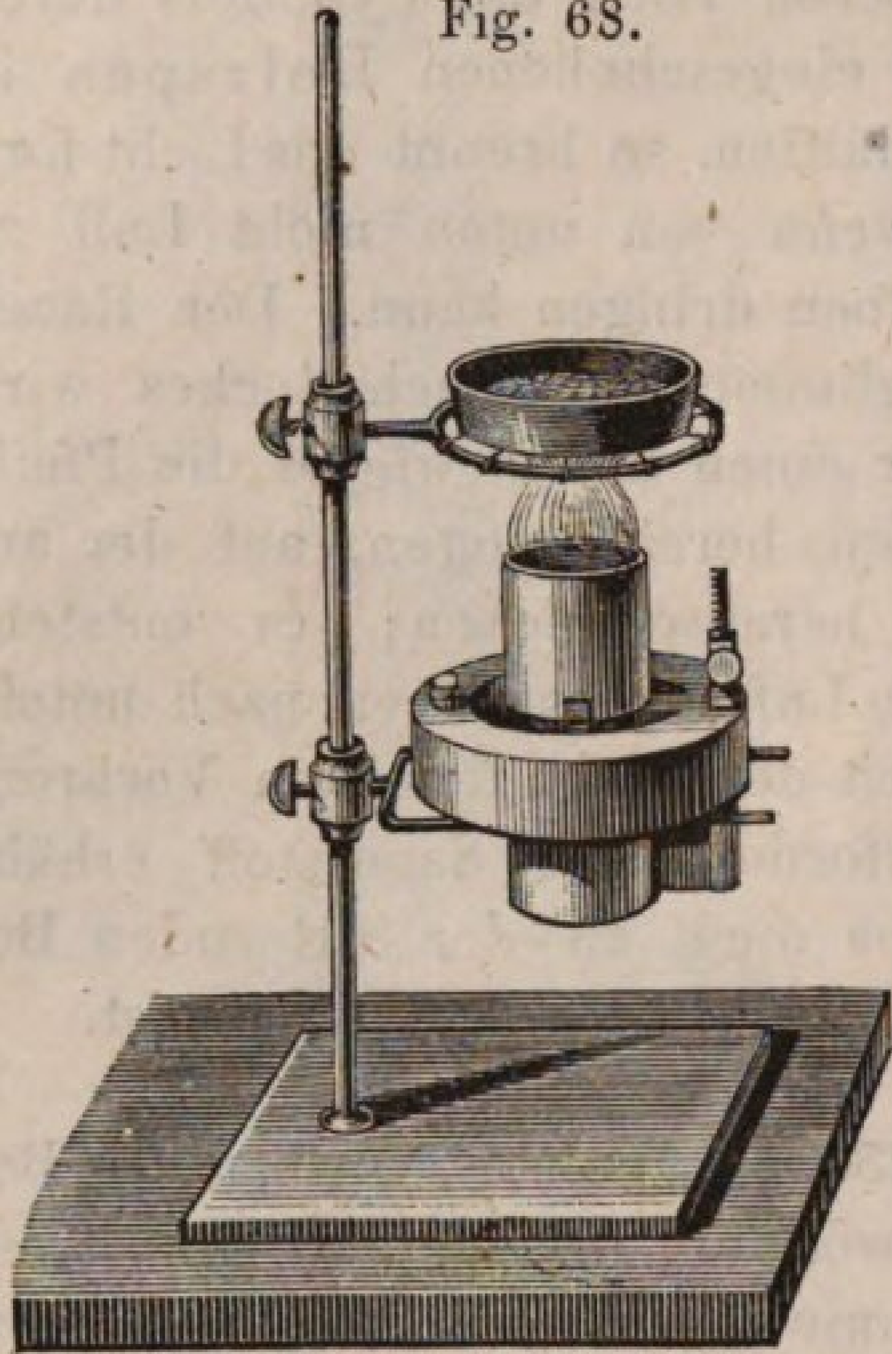
123. Doppelter Luftzug. Bei der gewöhnlichen Lampen- und Kerzenflamme kann die Luft nur von aussen hinzutreten, es findet daher nur in dem äusseren Kreise derselben eine Verbrennung statt, nicht aber zugleich im Innern, wie der dunkle Kern anzeigt. Lässt man aber auch von Innen Luft zu der Flamme treten, so verschwindet dieser dunkle Kern und es entsteht ein blendenderes Licht und eine vollständigere Verbrennung. Am einfachsten geschieht dies durch einen hohlen oder cylindrischen Docht, wodurch ein Flammenkranz gebildet wird, zu welchem sowohl inwendig von unten her, als auch auswendig von der Seite her Luft hinzuströmen kann. Man nennt Lampen solcher Art nach ihrem Erfinder Argand'sche, oder Lampen mit doppeltem Luftzuge. Eine gleiche Einrichtung hat die sogenannte Berzelius'sche Weingeistlampe, die man bei chemischen Arbeiten allgemein anwendet, wenn man höhere Hitzgrade braucht, als sich durch eine einfache Weingeistlampe hervorbringen lassen. Sie besteht aus Messingblech und ist auf

Fig. 67.



einem messingenen Stativ befestigt, an dem sich mehre grössere und kleinere Ringe befinden, auf welche man Schalen, Tiegel und andere Kochgeschirre stellen kann. Bei ihrem Gebrauche ist darauf zu sehen, dass zwischen den Gefässen und dem Cylinder immer ein zum Entweichen der heissen Luft und zum Ausbreiten des oberen Theiles der Flamme hinreichender Zwischenraum bleibe; im entgegengesetzten Falle entsteht nur eine unvollständige Verbrennung und demzufolge eine geringere Erhitzung. Wenn Weingeist nachgefüllt werden soll, so muss die Lampe vorher ausgelöscht werden, weil ausserdem der Weingeist während des Eingiessens leicht mit anbrennen oder beim Ueberlaufen der Lampe eine Feuerüberfluthung veranlassen kann.

Fig. 68.



124. Entzündungstemperatur. Soll ein Körper an- und fortbrennen, so muss er ferner erst bis auf einen bestimmten Punkt erwärmt und dann auf dieser Temperatur erhalten werden.

Fig. 69.



Versuch a. Man erwärme in einem kleinen Töpfchen etwas Asche oder Sand, worauf man einige Reibzündhölzchen gelegt hat: die letzteren, oder richtiger der in ihnen enthaltene Phosphor, werden erst dann anbrennen, wenn die Asche bis auf ungefähr 65⁰ bis 70⁰ C. erwärmt worden ist, was

durch ein in dieselbe gehaltenes Thermometer leicht wahrgenommen werden kann.

Versuch b. Ein dünner Platindraht wird so um einen schwachen Bleistift gewickelt, dass er, von letzterem abgezogen, eine hohle Spirale bildet. Hält man diese, nachdem sie in einer Weingeistflamme weissglühend geworden, schnell in ein gelind angewärmtes Glas, in welches man einen Theelöffel voll starken Weingeistes gegossen hat, so glüht sie in dem Weingeistdampfe fort, während sie in der Luft bald zu glühen aufhört.

Fig. 70.



Wiederholt man diesen Versuch mit Aether, statt mit Weingeist, so entzündet sich der Aether und brennt mit Flamme, sobald der Draht weissglühend geworden; glüht der letztere nur roth, so entsteht keine Entflammung. Man sieht, die Temperatur des rothglühenden Drahtes reicht noch nicht hin zur Entzündung des Aethers; diese tritt erst ein bei noch stärkerer Erhitzung, beim Weissglühen des Drahtes. Der Weingeist wurde hierdurch noch nicht zum Anbrennen gebracht. Wie der Phosphor des Zündhölzchens erst anbrennen konnte, wenn er bis 70° C. erhitzt wurde, der Aether aber erst bei einer noch viel höheren Temperatur, so brauchen alle verbrennlichen Stoffe einen bestimmten Wärmegrad, um lebhaft verbrennen zu können, manche einen höheren, andere einen weniger hohen.

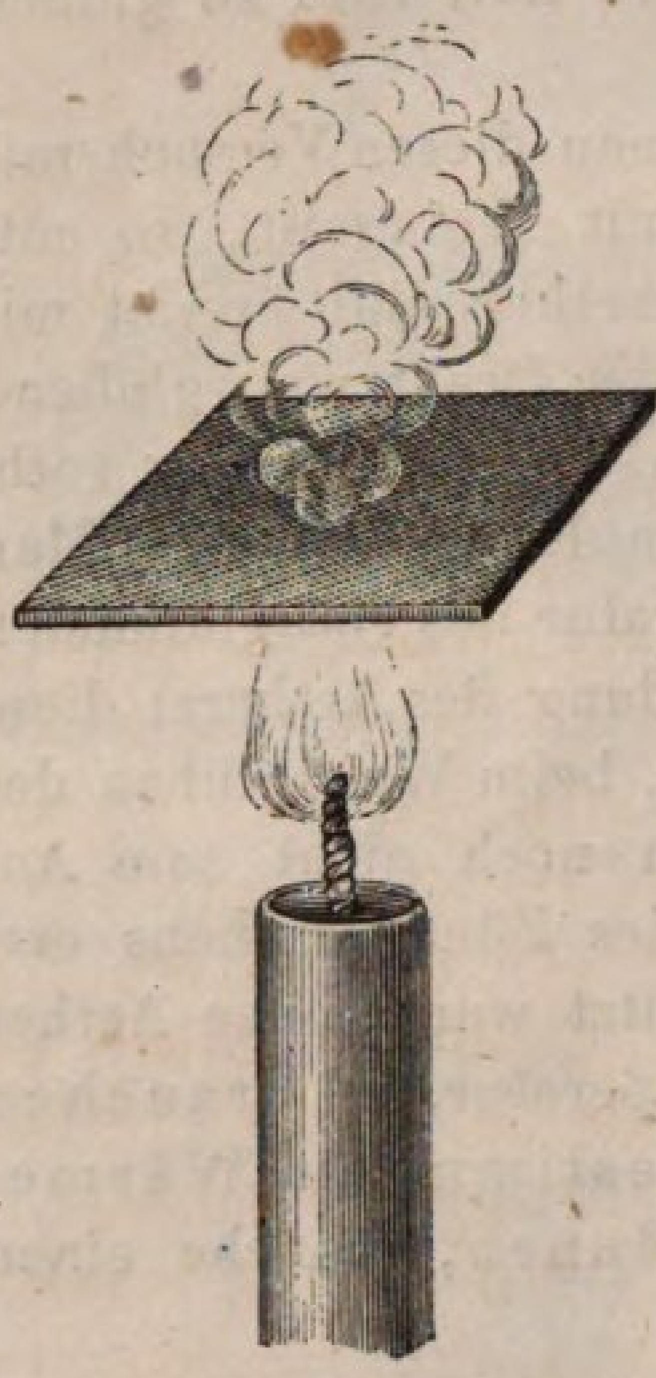
125. Auslöschen durch Abkühlung. Werden brennende Körper bis unter die zum Fortbrennen nöthige Temperatur abgekühlt, so löschen sie aus. Glühendes Eisen brennt in Sauerstoff fort, in gewöhnlicher Luft nicht; bei der lebhaften Verbrennung in Sauerstoff bleibt es heiss genug, um weiter zu brennen, bei der fünfmal langsameren in der Luft aber wird nicht so viel Hitze entwickelt, als zum Fortbrennen nöthig ist. Steinkohlen brauchen zum Fortbrennen eine höhere Temperatur als Holz, sie müssen daher in dem Ofen nahe zusammen und über einander

liegen, sonst kühlen sie sich leicht zu stark ab und löschen aus; Holz kann fortbrennen, auch wenn es zerstreut im Ofen liegt. Eine glühende Kohle löscht viel schneller aus, wenn sie auf Eisen gelegt wird, als auf Holz, denn das Eisen, ein guter Wärmeleiter, entzieht ihr die Wärme viel schneller als das schlechtleitende Holz.

Man kann selbst eine Talglicht- oder Spiritusflamme durch Eisen so stark abkühlen, dass sie verlöscht.

Versuch. Senkt man ein Drahtgeflecht, z. B. das Stück eines feinen Siebbodens, in eine Lichtflamme, so wird diese dadurch eben so niedergedrückt, als ob ein Stück Blech darüber gehalten würde, und es geht nur Rauch durch die Maschen des Siebes, aber keine Flamme. Dass dieser Rauch noch brennen kann, sieht man leicht, wenn man ein brennendes Papier hineinhält. Der Grund, warum er dennoch nicht brennt, ist: es wird ihm während des Durchgehens durch das Drahtgewebe so viel Wärme weggenommen, dass er oben bis unter die Temperatur abgekühlt austritt, die er zum Fortbrennen braucht; giebt man ihm diese durch einen hineingehaltenen brennenden Körper wieder, so entflammt er sich von Neuem. Dasselbe geschieht auch von selbst, wenn das Drahtnetz weissglühend geworden ist, weil dann natürlich die Abkühlung aufhören muss.

Fig. 71.



Sicherheitslampe. Der berühmte englische Chemiker Davy hat hiervon eine höchst nützliche Anwendung gemacht, um die so oft in Steinkohlengruben vorkommenden Explosionen zu verhindern. In manchen Bergwerken strömt aus den Spalten der Steinkohlen eine brennbare Luft (Grubengas oder leichtes Kohlenwasserstoffgas) aus, welche, wenn sie sich in der atmosphärischen Luft ausbreitet, mit dieser eine Art Knallgas (schlagende Wetter) bildet, das den Bergmann zerschmettern und verbrennen kann, der mit einem brennenden Lichte in einen mit solcher Luft er

C_2H_4 128

füllten Gang kommt. Umgiebt man das Licht aber ringsum mit einem Drahtnetze, so brennt das Knallgas nur inwendig in der Drahthülle, ohne dass die Flamme durch den Draht hindurch das äussere Gas anzünden kann; der Bergmann hat also Zeit, sich aus dieser Gegend, aus der man nachher durch geeignete Mittel die gefährliche Luftart herausschafft, zu entfernen (Davy'sche Sicherheitslampe).

126. Langsame und rasche Verbrennung. Bei dem Versuch b, Nr. 124, erfahren die Weingeistdämpfe durch die in ihnen fortglühende Platinspirale eine langsame Verbrennung, d. h. sie verbinden sich unter der Verbrennungshitze mit Sauerstoff, und dann immer mit einer geringeren Menge. Die dabei frei werdende Wärme reicht hin, den Draht glühend zu erhalten (Glüh- oder Räucherlämpchen). Riecht man in das Glas, so bemerkt man einen unangenehmen, säuerlichen Geruch; dieser rührt von den aus Weingeist und Sauerstoff bei der langsamen Verbrennung entstandenen neuen Verbindungen her, welche man als halbverbrannten Weingeist ansehen kann. Zündet man den Weingeist an, so verbrennt er rasch und vollständig und die dabei gebildeten Producte besitzen keinen Geruch; es bilden sich also andere Verbindungen bei der raschen Verbrennung als bei der langsamen.

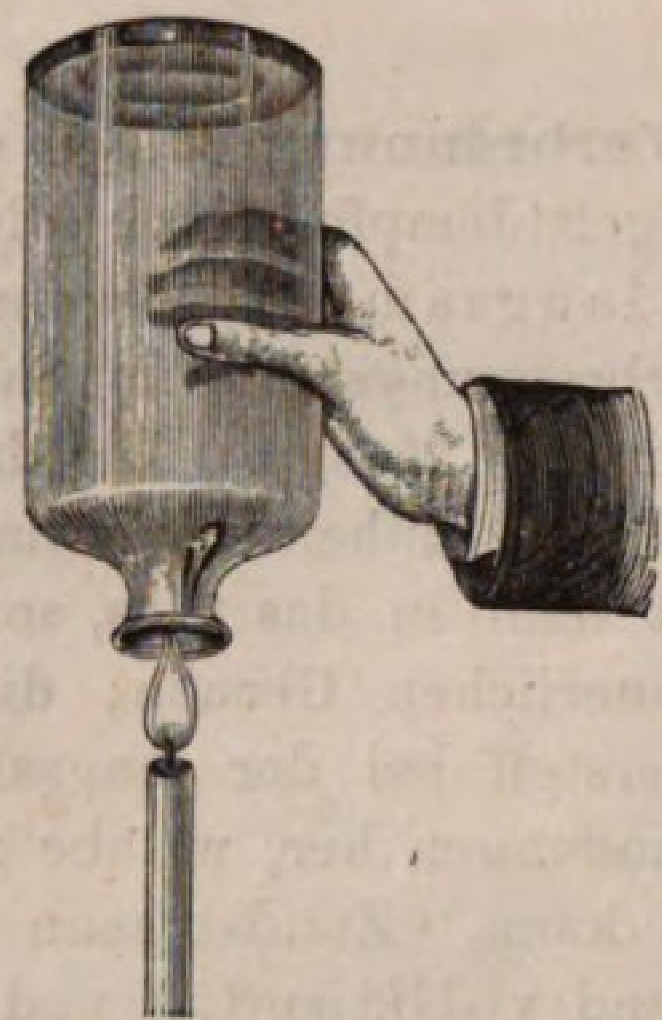
Denselben unangenehmen Geruch nimmt man auch wahr, wenn man den Versuch 125 mit einer Weingeistflamme anstellt und in die durch das Drahtnetz aufsteigenden Dämpfe riecht. Unterhalb des Netzes brennen die Weingeistdämpfe rasch, oberhalb desselben langsam, weil sie durch den die Wärme schnell aufnehmenden Eisendraht bis unter die zur raschen Verbrennung erforderliche Temperatur abgekühlt wurden. Unterliegt Phosphor der langsamen Verbrennung bei niedriger Temperatur, so nimmt 1 Aeq. desselben nur 3 Aeq. Sauerstoff auf, während bei der raschen Verbindung in hoher Temperatur 5 Aeq. Sauerstoff gebunden werden.

127. Vollständige Verbrennung. Beim Verbrennen von Wasserstoff wird Wasser gebildet (93), beim Verbrennen von Kohlenstoff Kohlensäure (65, 118). Diese beiden Producte entstehen auch bei der Verbrennung fast aller anderen im gewöhnlichen Leben vorkommenden Brennstoffe, denn die meisten

Brennmaterialien enthalten Wasserstoff und Kohlenstoff und erlangen eben dadurch die Fähigkeit, zu verbrennen.

Versuch. Man halte eine leere Flasche über ein brennendes Talglicht, so dass die sich bildenden heissen Luftarten in dieselbe steigen: sie wird inwendig beschlagen; der Beschlag besteht aus Wassertröpfchen, die sich aus dem Rauche verdichten, wenn er an die kalten Glaswände trifft. Im Rauche ist also Wasserdampf. Hierdurch wird es erklärlich, warum sich an jedem Gefässe beim Erwärmen durch eine Lampe Wassertropfen an der Aussenseite absetzen, so lange es noch kalt ist. Nun giesse man Kalkwasser in die Flasche und schüttle es darin um: es wird trübe werden, wie Milch, und beim Stehen ein weisses Pulver (kohlensauren Kalk) fallen lassen. Im Rauche ist also auch Kohlensäure. Ausserdem muss in dem Rauche natürlich auch noch Stickstoff vorhanden sein aus der atmosphärischen Luft, deren Sauerstoff zur Unterhaltung des Feuers verbraucht wurde.

Fig. 72.



Dieselben Bestandtheile finden sich auch in dem aus den Schornsteinen unserer Häuser emporsteigenden Rauche, mag dieser nun durch Verbrennung von Holz, Steinkohlen oder Braunkohlen gebildet worden sein; ferner auch in dem obgleich unsichtbaren Luftstrome, der von einer brennenden Weingeist- oder Oellampe in die Höhe steigt. Bei der vollständigen Verbrennung erzeugen sich nur diese zwei Producte; der gesammte Kohlenstoff des Brennmaterials wird zu Kohlensäure, der gesammte Wasserstoff zu Wasserdampf verbrannt.

128. Unvollständige Verbrennung. *Versuch.* Bläst man ein Licht aus, welches eine lange Schnuppe hatte, so kann man den von dem Dochte aufsteigenden Rauch in einiger Entfernung wieder anzünden; dieser Rauch besteht aus den brennbaren Luftarten, in welche der Talg beim Erhitzen verwandelt wird: er ist halbverbrannter Talg und hat einen unangenehmen Ge-

ruch. Nach dem Auslöschen reicht die Hitze nicht mehr hin zu seiner vollständigen Verbrennung; diese tritt aber wieder ein, wenn man den Rauch durch einen brennenden Span erhitzt und anzündet. Vollständig verbrannter, d. h. in Kohlensäure und Wasser verwandelter Talg besitzt keinen Geruch. Der üble Geruch beim Versengen der Haare oder Kleidungsstücke, beim Ueberlaufen von kochender Milch, beim Glimmen von Löschpapier u. a. m., er ist ebenfalls die Folge einer unvollständigen Verbrennung.

Fig. 73.



R u s s. *Versuch.* Umwickelt man die Zuglöcher einer brennenden Astral- oder Argand'schen Lampe (123) mit einem Papierstreifen, so wird die Flamme sogleich düster und roth und stösst einen dicken schwarzen Rauch aus, der sehr unangenehm riecht und eine darüber gehaltene Kerze mit R u s s überzieht. Hier entsteht eine u n v o l l s t ä n d i g e V e r b r e n n u n g d e s O e l e s d u r c h A b s c h l i e s s u n g d e r L u f t; ein Theil des im Oele enthaltenen Kohlenstoffes bleibt dabei unverbrannt und entweicht als Russ.

L a m p e n r u s s. *Versuch.* Dasselbe geschieht durch A b k ü h l u n g, z. B. wenn man über die Flamme einer gewöhnlichen Oellampe einen Blechlöffel so hält, dass die Flamme zum Theil niedergedrückt wird. Das Eisen kühlt die Flamme nicht nur ab, weil es als guter Wärmeleiter die Wärme schnell fortführt, sondern es hemmt auch den Luftzug; ein Theil des Kohlenstoffes bleibt deshalb unverbrannt und setzt sich

Fig. 74.



in dem Löffel als Russ ab. Auf diese Weise bereiten sich die Uhrmacher das Lampenschwarz zum Bemalen der Zifferblätter. Ein Talglicht giebt einen unsichtbaren und geruchlosen Rauch, wenn es ruhig brennt, einen russigen und übelriechenden dagegen, wenn man durch Blasen oder Hin- und Herbewegen des Lichtes die Flamme abkühlt. Um Fleisch schnell zu räuchern, verbrennt man grünes oder nasses Holz; dies giebt einen dicken schwarzen Rauch, weil es sich nicht über 100° C. erhitzen lässt, so lange es Wasser enthält, und bei dieser niedrigen Temperatur nur unvollständig verbrennt.

Leuchtgas und Flamme.

129. Leuchtgas aus Holz. *Versuch.* Um die Producte der unvollständigen Verbrennung näher kennen zu lernen, fülle man ein grösseres Probirgläschen halb mit Holzspänen an und erhitze es, nachdem man die Oeffnung mit einem Korke verschlossen hat, in dem eine Glasröhre oder ein Stück irdenes Pfeifenrohr steckt. Die sich bildenden luftförmigen Stoffe müssen durch die Röhre entweichen; sie entzünden sich an einem Lichte und brennen mit leuchtender Flamme. Unangezündet riechen sie sauer, rauchartig und brenzlich, beim Verbrennen dagegen verschwindet dieser Geruch vollkommen. Die Flamme entsteht also durch verbrennende Gase oder Luftarten. Körper, welche beim Verbrennen nicht gasförmig werden, können nur glühen, nicht aber mit Flamme brennen. In dem Probirgläschen bleibt zuletzt Holzkohle zurück, welche wegen Mangels an Luft nicht mit verbrennen konnte. Auf ähnliche Weise bereitet

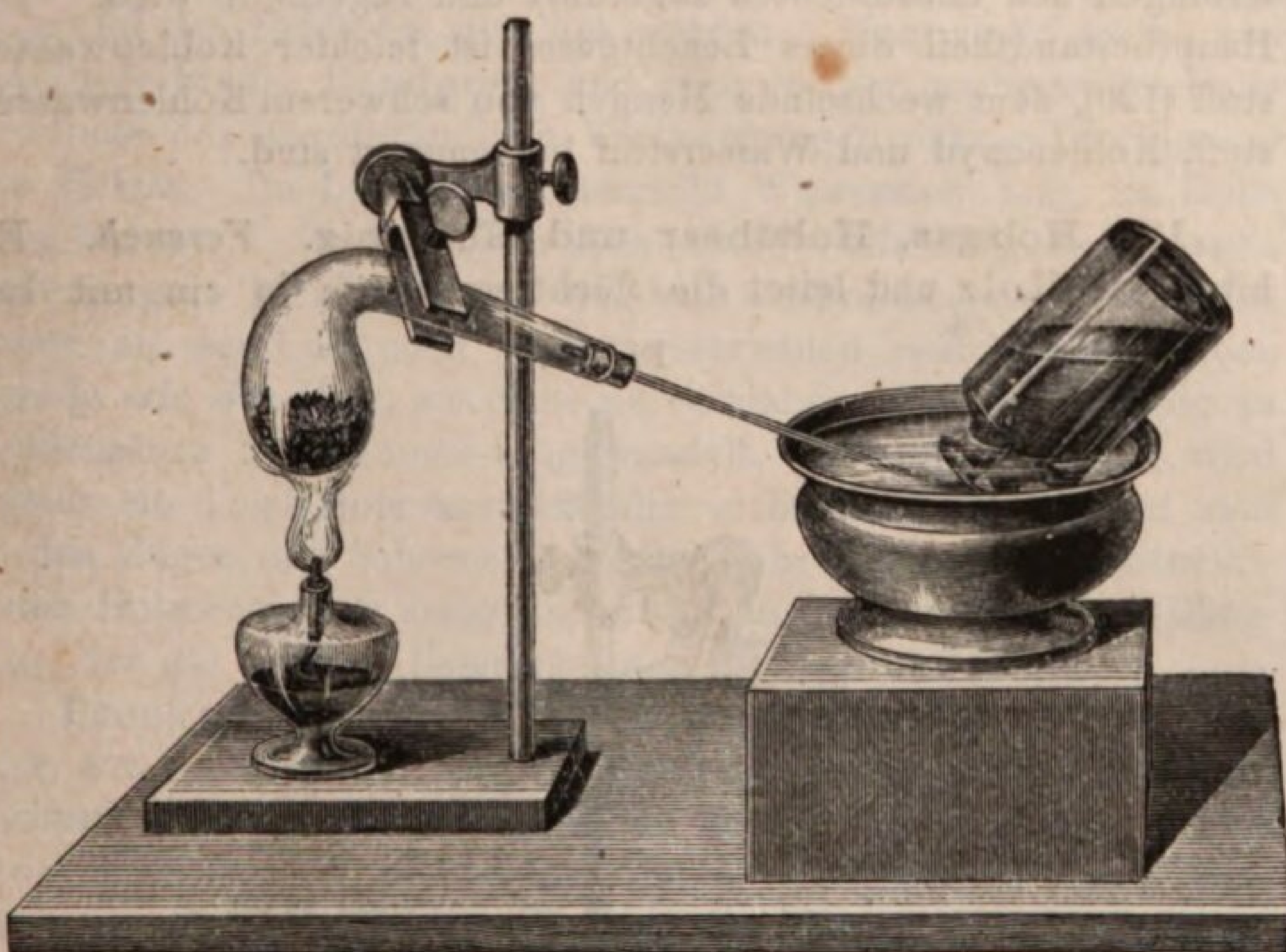
Fig. 75.



man sich im Grossen das Leuchtgas durch Erhitzen von Holz, Steinkohlen, Harz u. s. w. in verschlossenen eisernen Cylindern oder Gasretorten. Jedes Talglicht, jede Oellampe ist ein Gasbereitungsapparat im Kleinen.

130. Leuchtgas aus Steinkohlen. *Versuch.* Man wiederhole diesen Versuch in einer kleinen Retorte mit zerkleinerten Steinkohlen, leite das Gas aber durch eine gebogene Glasröhre in eine pneumatische Wanne, und fange es auf die bekannte

Fig. 76.

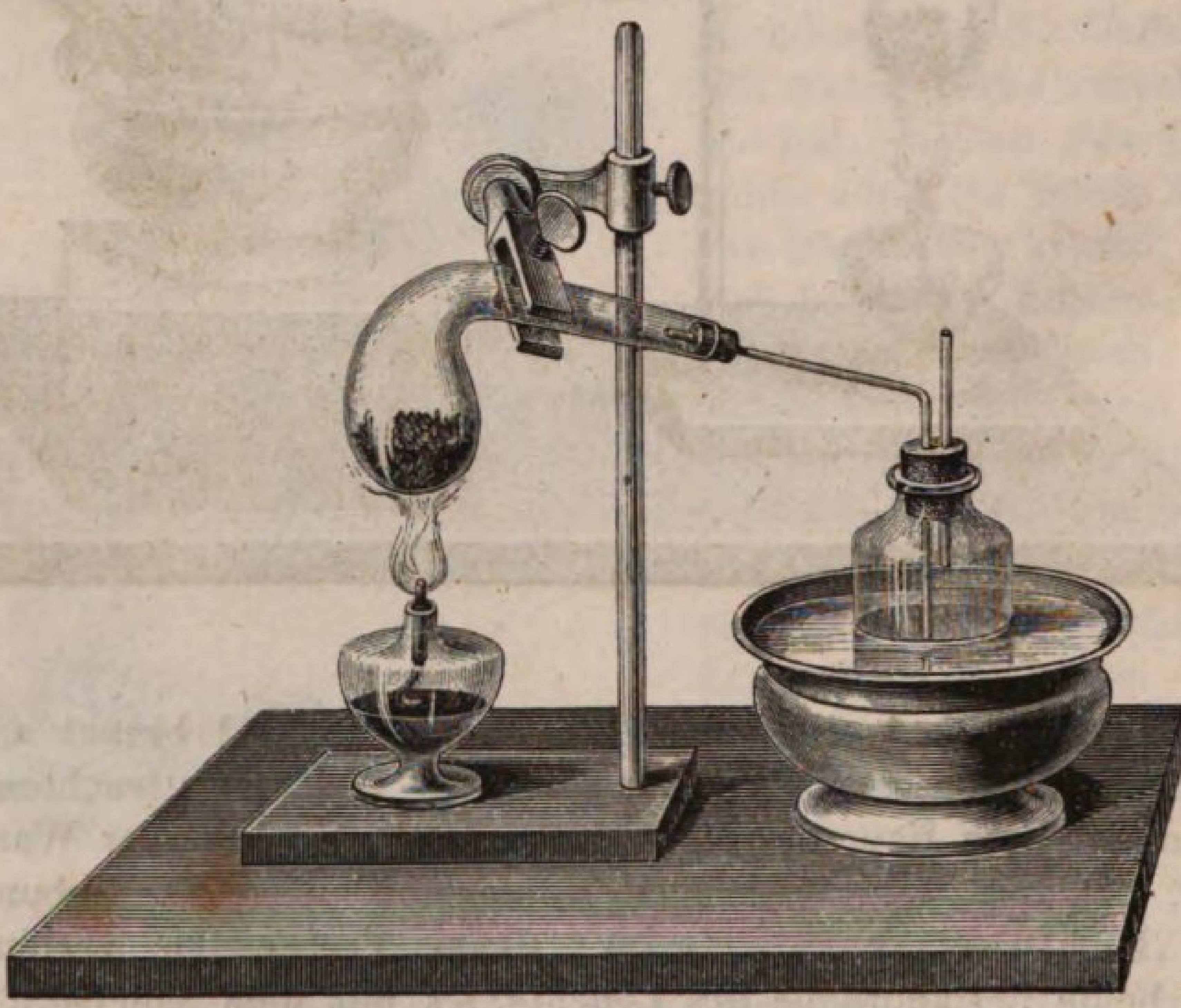


Weise in Flaschen auf. Das Gas ist farblos und brennt angezündet wie Wasserstoffgas, nur mit einer viel heller leuchtenden Flamme. Sein Hauptbestandtheil ist auch in der That Wasserstoff, mit dem sich aber noch Kohlenstoff chemisch verbunden hat (Kohlenwasserstoffgas). Beim Verbrennen verbinden sich beide Bestandtheile des Leuchtgases mit dem Sauerstoff der Luft und wandeln sich dabei in Kohlensäure und Wasser um. In der Retorte bleibt Kohlenstoff in der Form von Coak zurück.

Das im Grossen aus Steinkohlen gewonnene Leuchtgas muss erst einer Reinigungsoperation unterworfen werden, ehe es zum Brennen tauglich ist. Die Steinkohlen enthalten Sauerstoff, Stickstoff und Schwefelkies, woraus sich Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff erzeugen, welche sich, da sie flüchtig sind, dem Leuchtgase beimengen. Man leitet das rohe Gas daher nach einander durch Wasser, Kalkmilch, Eisenlösung, oder durch ein trocknes Gemenge von Aetzkalk und Eisensalz, wobei eine Bindung dieser Nebenproducte eintritt. Das gereinigte Gas gelangt dann in den Gasbehälter (Gasometer), aus dem es durch Röhrenleitungen den Consumenten zugeführt und zugetheilt wird. Der Hauptbestandtheil dieses Leuchtgases ist leichter Kohlenwasserstoff (120), dem wechselnde Mengen von schwerem Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd und Wasserstoff beigemengt sind.

131. Holzgas, Holztheer und Holzessig. *Versuch.* Erhitzt man Holz und leitet die flüchtigen Stoffe in ein mit kal-

Fig. 77.



tem Wasser umgebenes Gläschen, welches in dem doppelt durchbohrten Korke eine kleine unten und oben offene Glasröhre ent-

hält, durch welche das Gas entweichen kann, so verdichten sich, während das Leuchtgas oben entweicht, am Boden zwei dunkelbraune, rauchähnlich und brenzlich riechende Flüssigkeiten: eine sehr dickflüssige, klebrige zu unterst, und darüber eine wässerige, dünnere. Die erstere heisst Holztheer; sie ist harzartig, d. h. sie löst sich in Wasser nicht auf. Die andere wird Holzessig genannt; ihr Geschmack und ihre Wirkung (Reaction) auf blaues Probirpapier lassen sie leicht als eine Säure erkennen. Leuchtgas, Holztheer und Holzessig waren aber vorher nicht im Holze enthalten, sondern sind erst aus seinen Bestandtheilen (Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) während des Erhitzens gebildet worden. Man nennt solche neu gebildete Stoffe: Producte, und zwar in dem vorliegenden Falle Producte der unvollständigen Verbrennung (trocknen Destillation) des Holzes. Im Leuchtgase herrscht Wasserstoff vor, im Holzessig Sauerstoff, im Holztheer Kohlenstoff; alle drei sind wegen Luftmangels gleichsam nur erst halb verbrannt, sie lassen sich daher an der Luft noch weiter verbrennen und werden dabei, gerade wie das Holz, aus dem sie entstanden sind, vollständig zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt. In unseren Oefen wird immer ein Theil Holz unvollständig verbrannt, darum setzt sich in den Zügen und Schornsteinen Russ ab; den zugleich mitgebildeten Holztheer und Essig finden wir in dem sogenannten Glanzruss, der die unteren Essenwände im Innern überzieht.

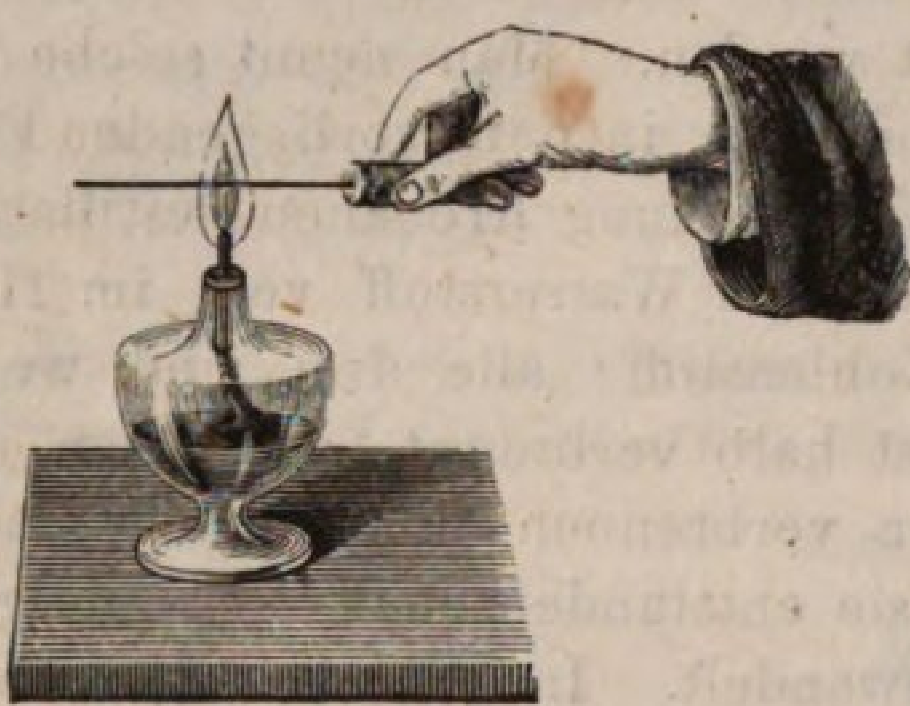
Trockne Destillation. Eine Operation, bei welcher, wie hier, aus einem festen Körper durch Erhitzung und Wiederverdichtung flüssige Producte gebildet werden, heisst eine trockne Destillation: die hierbei gebildeten Flüssigkeiten haben meistens eine braune Farbe und einen eigenthümlichen, unangenehmen, brenzlichen (empyreumatischen) Geruch und Geschmack.

132. Reihenfolge beim Verbrennen. Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, dass der Wasserstoff sehr leicht und mit Flamme verbrennt, der Kohlenstoff aber schwerer und ohne Flamme; hieraus erklärt sich auf eine einfache Weise, warum unsere Brennmaterialien nur im Anfange der Verbrennung eine Flamme geben, zuletzt dagegen nur glühen: der Wasserstoff ist es, welcher zuerst und zwar flammend verbrennt, nach ihm erst erfolgt die glühende Verbrennung des Kohlenstoffes. Diese

Reihenfolge kommt bei allen Brennmaterialien vor, welche gemeinschaftlich Wasserstoff und Kohlenstoff enthalten. Jeder brennende Holzspan zeigt dies aufs Ueberzeugendste.

133. Weingeistflamme. Die Flamme von Weingeist besteht aus zwei Theilen: der innere dunkle Kern ist Weingeistdampf; der brennende Mantel rund herum ist Weingeistdampf, welcher sich eben mit dem Sauerstoff der Luft chemisch verbindet. Die spitzige Form der Flamme entsteht durch das Aufsteigen der heissen Luftarten und durch das Zuströmen von kalter Luft von unten. Der Weingeist wird aus dem Gefässe durch die Capillarität des Dochtes (115) in die Höhe gezogen; er brennt nur blass, seine Flamme leuchtet aber sogleich stark, wenn man ein gewundenes Stückchen Draht hineinhält oder irgend einen anderen festen Körper darin zum Glühen bringt. Legt man einen dünnen Draht quer durch die Flamme, so bemerkt man, dass er in dem Kerne dunkel bleibt und nur an den beiden Stellen glüht, wo er durch den Mantel geht; die Flamme ist also äusserlich viel heisser als in der Mitte. Die stärkste Hitze findet sich ungefähr in der auf der Zeichnung durch den Draht angedeuteten Höhe; tiefer in die Flamme hinein dürfen Gefässe beim Gebrauche einer Weingeistlampe nie gestellt werden. Auf eine recht augenscheinliche Weise kann man sich noch hiervon überzeugen, wenn man ein Zündhölzchen in die Flamme hält; es entzündet sich sogleich am Rande, in der Mitte dagegen nicht, oder doch erst viel später.

Fig. 78.



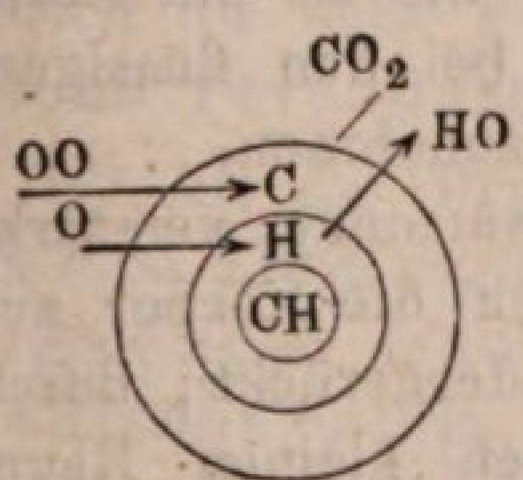
134. Talg- oder Oelflamme. Bei einer Talg- oder Oelflamme (Fig. 79) lassen sich drei Theile unterscheiden: in der Mitte (*a*) der dunkle Kern von Leuchtgas (zersetzter Talg), um diesen (*b*) der hellleuchtende Lichtkegel, bestehend aus verbrennendem Wasserstoff, welcher innig mit weissglühender Kohle gemengt ist, und zu äusserst (*c*) eine dünne, kaum bemerkliche

Hülle, in welcher die Kohle verbrennt. Denkt man sich die Flamme in der Mitte abgeschnitten (Fig. 80), so lässt sich der darin stattfindende Vorgang ungefähr auf beistehende Weise bildlich darstellen. Der mittelste Kreis ist Kohlenwasserstoff oder Leuchtgas; von diesem verbrennt der Wasserstoff **zuerst**, und die dabei entstehende Hitze macht den Kohlenstoff glühend (dies wird durch den zweiten Kreis angedeutet); in dem äusseren Kreise endlich verbrennt der Kohlenstoff. Der in dem zweiten Ringe glühende Kohlenstoff ertheilt der Flamme die Fähigkeit zu **leuchten**, gerade wie der glühende Draht die Weingeistflamme leuchtend machte. Hält man ein kaltes Messer ins Licht, so wird ein Theil des glühenden Kohlenstoffes soweit abgekühlt, dass er nicht verbrennen kann, und das Messer wird berusst. Ein quer durch die Flamme gehaltener Draht glüht am Rande am stärksten, ohne berusst zu werden, während er in der Mitte nicht zum Glühen kommt, wohl aber mit Russ überzogen wird.

Fig. 79.



Fig. 80.



Das **Leuchten** einer Flamme rührt, wie die vorstehenden Versuche zeigen, von einem festen Körper, gewöhnlich von Russ her, der in der Flamme glüht; glüht dieser nur roth, so hat die Flamme ein trübes, röthliches Licht, ein blendendes, weisses dagegen, wenn der Russ durch eine vollständigere Verbrennung bis zur Weissglühhitze gebracht wird. Durch Zusatz gewisser, in der Glühhitze flüchtiger Substanzen kann man der Flamme eine verschiedene **Färbung** ertheilen.

Die vier bisher abgehandelten einfachen Stoffe bilden die Hauptbestandtheile aller Pflanzen und Thiere, sie können aus diesem Grunde **Organogene** (Erzeuger der organischen Körper) genannt werden.

Rückblick auf die Organogene.

(Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff.)

1) Wie wir im Kleinen an uns selbst Körper und Geist unterscheiden, so unterscheidet man auch im Grossen in der Natur: Körper (Materie, Masse) und Kräfte (Geist).

2) Alle Körper sind wägbar. Durch das absolute Gewicht erfahren wir, wie viel ein Körper in der Luft wiegt; durch das specifische Gewicht, wie viel Mal er schwerer oder leichter ist als ein gleichgrosses Volumen eines anderen Körpers.

3) Die Körper kommen in drei Aggregatzuständen vor: sie sind entweder fest, flüssig oder gasförmig.

4) Sinnbildlich kann die Erde als Repräsentant für die festen Körper, das Wasser für die flüssigen, und die Luft für die gasförmigen angesehen werden. Das Feuer (Licht und Wärme) kann als Sinnbild für die Naturkräfte gelten.

5) Die einzelnen Theilchen der Körper werden durch eine Kraft zusammengehalten, die das Auseinanderfallen derselben verhindert; man nennt sie Cohäsionskraft. Sie ist am stärksten bei den festen Körpern, viel schwächer bei den flüssigen, und an den luftförmigen gar nicht mehr wahrzunehmen.

6) Diese Kraft wird geschwächt durch Erwärmung, verstärkt durch Abkühlung; durch Wärme dehnen sich die Körper aus und die einzelnen Theilchen werden auseinandergerückt; durch Abkühlung ziehen sie sich wieder in einen kleinen Raum zusammen.

7) Die Wärme vermag auch den Aggregatzustand der Körper ganz zu ändern: sie macht feste Körper flüssig (Schmelzen) und flüssige gasförmig (Verdunsten, Verdampfen, Kochen).

8) Durch Abkühlung werden gasförmige Körper flüssig (Destillation, Regen), flüssige fest (Erstarren, Gefrieren).

9) Beim Schmelzen und Verdunsten fester und flüssiger Körper wird Wärme gebunden oder latent (Kälteerzeugung); beim Erstarren flüssiger und bei der Verdichtung gasförmiger Körper wird Wärme frei (Wärmeerzeugung).

10) Alle Körper enthalten sonach verborgene oder gebundene Wärme, und zwar die festen Körper weniger als die flüssigen und diese wieder weniger als die gasförmigen.

11) Specifische Wärme nennt man die Wärmemengen, welche gleiche Gewichtstheile der Körper brauchen, um 1° C. wärmer zu werden.

12) Feste Körper werden auch flüssig durch Auflösung in einer Flüssigkeit. Sondern sie sich aus solchen Lösungen in regelmässiger Gestalt wieder aus, so heissen sie krystallisirt. Zur Krystallbildung gehören Beweglichkeit und Zeit.

13) Luftförmige Körper, welche durch Abkühlung leicht flüssig werden, heissen Dämpfe; solche, die schwer oder gar nicht zu Flüssigkeiten werden, Gase (beständige und unbeständige).

14) Die Cohäsion der Körper kann auch durch Zerschneiden, Zerstossen etc. aufgehoben werden; dabei ändert sich nur die Form derselben, ihrer inneren Natur, ihren Bestandtheilen nach bleiben sie dieselben, wie vorher. Dies sind äussere oder mechanische Veränderungen.

15) Es giebt aber auch Veränderungen, wobei die Körper in ihren Eigenschaften und Bestandtheilen so ganz umgewandelt werden, dass sie als die alten nicht wieder zu erkennen sind, sondern als neue gelten müssen. Dies sind innere oder chemische Veränderungen.

16) Als die Ursache der chemischen Veränderungen sieht man eine Kraft an, mit der alle Körper, manche reich, andere weniger reich begabt sind; sie heisst Affinität oder Verwandtschaft. In den leblosen oder unorganischen Körpern herrscht diese Kraft frei und unbeschränkt, in den lebenden oder organischen Körpern aber wird sie durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen und Thiere regulirt.

17) Die Verwandtschaft wirkt nur in der grössten Nähe, wenn die Körper sich aufs Innigste berühren.

18) Sie ist, entgegengesetzt der Verwandtschaft unter den Menschen, um so stärker, je unähnlicher sich ein Paar Körper sind, um so schwächer, je mehr sie sich gleichen.

19) Die chemischen Veränderungen können auf eine doppelte Weise erfolgen, entweder durch Vereinigung einfacher Stoffe zu zusammengesetzten (Verbinden, Mischen), oder durch Trennung der zusammengesetzten in ihre Bestandtheile (Scheiden, Zerlegen, Analysiren).

20) Bei der Zerlegung gelangt man endlich zu Körpern, die sich nicht weiter zersetzen lassen; diese heissen einfache Körper oder chemische Elemente. Man kennt ihrer bis jetzt dreiundsechzig.

21) Ein Element lässt sich nicht in ein anderes verwandeln; wohl aber können manche Elemente ganz verschiedene Zustände mit ganz veränderten Eigenschaften annehmen (Allotropie).

22) Der elektrische oder galvanische Strom ist im Stande, alle chemischen Verbindungen zu zerlegen, welche diesen Strom leiten.

23) Durch Wärme wird die Verwandtschaft der Körper zu einander bald verstärkt, bald geschwächt; die Wärme hilft Körper verbinden, sie hilft aber auch Verbindungen zerlegen.

24) Alle chemischen Verbindungen erfolgen nach fest bestimmtem Maass und Gewicht. Diese Gesetzmässigkeit findet auch dann statt, wenn ein Körper sich in mehreren Verhältnissen mit einem anderen verbindet (Oxydationsstufen etc.).

25) Bei jeder chemischen Vereinigung wird Wärme frei; diese steigert sich nicht selten bis zur Erscheinung von Feuer (Verbrennung).

26) Was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennung nennen, ist ein Vereinigen von Kohlenstoff oder Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, eine Oxydation.

27) Oxydiren heisst: einen Körper mit Sauerstoff verbinden; der mit Sauerstoff verbundene Körper wird Oxyd (im weiteren Sinne) genannt.

28) Es giebt zweierlei sich ganz entgegengesetzte Arten von Oxyden: saure und basische; die Nichtmetalle geben mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren, die Metalle vorzugsweise Basen (Oxyde im engeren Sinne).

29) Säuren und Basen haben eine sehr grosse Verwandtschaft zu einander; wenn sie sich mit einander vereinigen, so verschwinden in vielen Fällen die sauren Eigenschaften der ersteren und die basischen der letzteren aufs Vollständigste (Neutralisation). Der neugebildete Körper wird ein Salz genannt.

30) Die chemischen Elemente werden mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen bezeichnet (chemische Zeichen);

aus letzteren bildet man die chemischen Formeln, welche uns die Bestandtheile der zusammengesetzten Körper auf eine übersichtliche Weise angeben.

Zweite Gruppe der Nichtmetalle: Pyrogene.

Schwefel, Sulphur (S).

(Aeq.-Gew. = 16. — Specif. Gew. = 2,0.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

135. Schmecken und Riechen. Der allbekannte gelbe Schwefel, den wir, seiner leichten Brennbarkeit wegen, als das gewöhnlichste Mittel zum Anzünden von Feuer benutzen, hat weder Geschmack noch Geruch. Er hat keinen Geschmack, weil er im Wasser nicht auflöslich ist. Werfen wir etwas Schwefelpulver in kaltes oder auch heisses Wasser, es zergeht nicht darin, es löst sich nicht auf. Wir bemerken immer nur an solchen Körpern Geschmack, welche im Stande sind, sich im Wasser, sonach auch in dem wässerigen Speichel des Mundes aufzulösen, z. B. an Kochsalz und Zucker, nicht aber an unlöslichen Körpern, wie an den Steinen, der Kohle, Stärke etc. Der Schwefel riecht nicht, weil er bei gewöhnlicher Temperatur nicht verdampft. Wir können nur Geruch an einem Körper wahrnehmen, wenn flüchtige, also gas- oder dampfförmige Theilchen von ihm ausgehen und bis ins Innere unserer Nase gelangen.

136. Schwefel schmilzt durch Wärme. *Versuch.* Man erhitze in einem kleinen Töpfchen von braunem Steingut 50 bis 60 Grm. Schwefelpulver durch eine Weingeistlampe: es zergeht, wenn es ein wenig heisser geworden ist als kochendes Wasser (bei 111° C.) zu einer bräunlichen, dünnen Flüssigkeit. Giesst man etwas davon in kaltes Wasser, so erhält man wieder festen Schwefel. Dieser sinkt, wenn er nach vorherigem Abtrocknen in das Töpfchen zurückgegeben wird, in der flüssigen Masse unter; fester Schwefel ist also schwerer als geschmolzener, und ebenso verhalten sich fast alle anderen Körper. Eis bildet in dieser Beziehung eine Ausnahme, es schwimmt auf dem Wasser.

137. Krystallisiren geschmolzener Körper. *Versuch.* Der Schwefel ist krystallisirbar. Man lasse das Gefäss mit dem geschmolzenen Schwefel so lange stehen, bis auf der Oberfläche eine Rinde entstanden ist; diese durchstosse man schnell und kehre dann das Gefäss um, damit der in der Mitte noch vorhandene flüssige Schwefel herauslaufe. Nach dem Zerschlagen des erkalteten Töpfchens findet man den mittleren hohlen Raum ganz mit langen, säulenförmigen Krystallen durchzogen, welche die beistehende Gestalt haben und schiefe rhombische Säulen heissen. Dies ist die zweite Methode, um Körper krystallisirt zu erhalten; sie unterscheidet sich von der Krystallisation des Salpeters oder Kochsalzes (51, 53) dadurch, dass in dem einen Falle der Körper durch ein Auflösungsmittel, in dem anderen durch Hitze flüssig gemacht wurde.

Fig. 81.

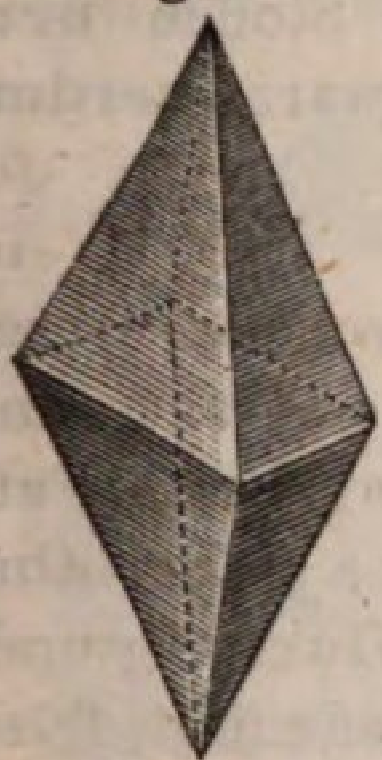


Krystallinisches Gefüge. Lässt man den Schwefel ruhig erkalten, ohne von ihm, wenn er halb erstarrt ist, den noch flüssigen Theil abzugiessen, so wird dieser auch noch fest, und es bilden sich so viele Krystalle, und so dicht an einander, dass zwischen ihnen kein Platz leer bleibt. Die zerschlagene dichte Schwefelmasse hat dann ein schimmerndes Ansehen, weil das Licht da, wo es auf die Flächen der kleinen Krystalle trifft, mehr zurückgeworfen wird als an den anderen Stellen, wodurch diese Flächen einen stärkeren Glanz erhalten. Man sagt von solchen Körpern, sie sind krystallinisch oder sie haben ein krystallinisches Gefüge.

138. Dimorphie des Schwefels. *Versuch.* In ein Kochfläschchen bringe man 1 Thl. Schwefelblumen mit 4 Thln. Schwefelkohlenstoff (152) und lasse die Mischung verstopft unter bisweiligem Umschütteln einen Tag lang stehen. Hat sich die Flüssigkeit durch Absetzen geklärt, so giesse man dieselbe langsam in ein Schälchen ab und überlasse sie der freiwilligen Verdunstung; es scheiden sich hierbei kleine Schwefelkrystalle von hellerer Farbe und anderer Krystallform ab als die durch Schmelzung dargestellten. Dieselben sehen aus wie zwei spitze, vierseitige, an einander gefügte Pyramiden; man nennt eine solche Form ein spitzes (rhombisches) Octaëder. Im Innern der Erde, besen-

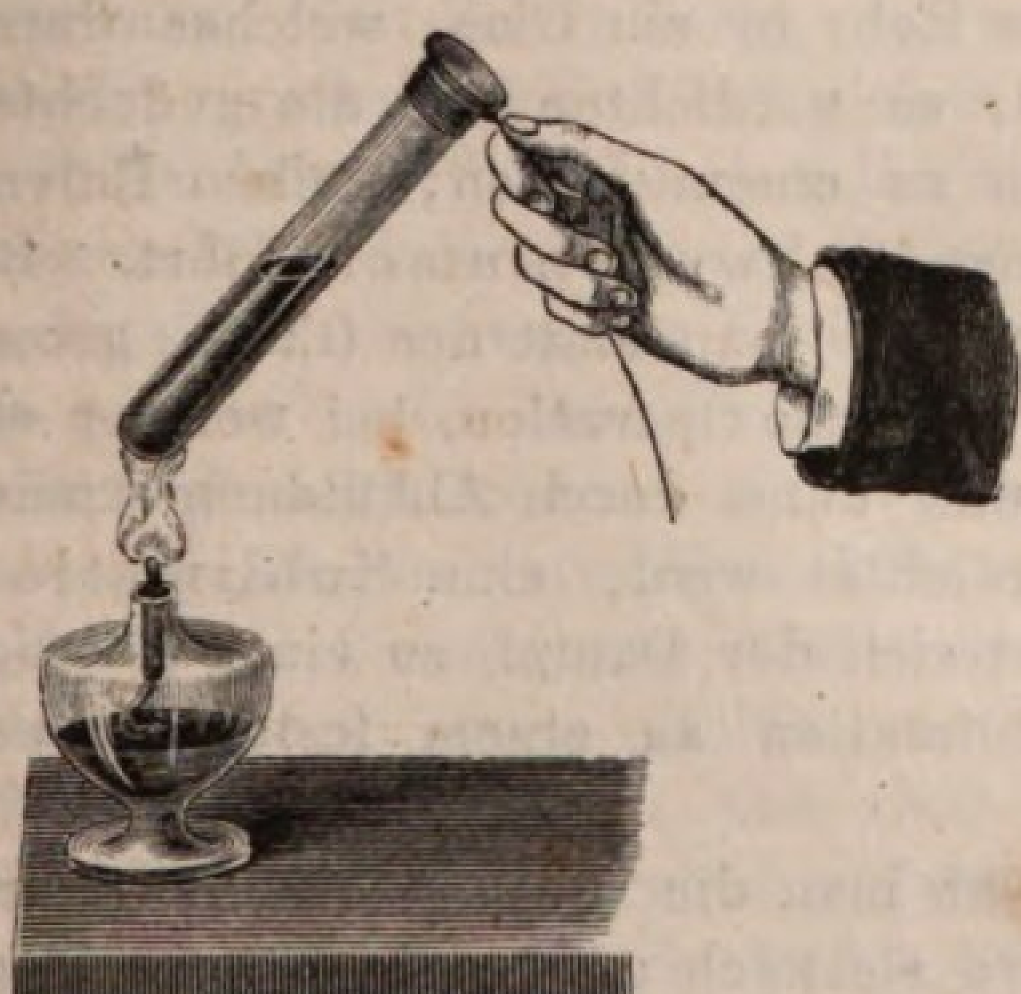
ders in Gegenden, wo Vulcane sind oder in der Vorzeit waren (Sicilien u. a.), finden sich zuweilen grosse Lager von Schwefel (natürlicher Schwefel) und darin Spalten und Höhlungen, überzogen mit den schönsten Krystallen, die die Natur in geheimnissvoller Tiefe vielleicht im Laufe von Jahrtausenden bildete. Diese natürlichen Schwefelkrystalle haben immer auch dieselbe (octaëdrische) Gestalt wie die aus einer Lösung gewonnenen. Der Schwefel kann also, ähnlich wie die Kohle im Diamant und Graphit, zweierlei Gestalt annehmen: er ist dimorph.

Fig. 82.



139. Amorpher Schwefel. *Versuch.* Wir können sogar die Mannigfaltigkeit, mit welcher die göttliche Kraft, deren Wirken in der Natur wir gewöhnlich selbst mit dem Namen Natur bezeichnen, manche Körper begabt hat, beim Schwefel noch weiter verfolgen. Man fülle ein Probirgläschen, das man mittelst eines umgelegten Drahtes über einer Weingeistlampe befestigt hat, voll Schwefelpulver; dieses sinkt beim Schmelzen so zusammen, dass das Gläschen nur noch halb voll bleibt. Der Schwefel schmilzt erst dünn, wie Wasser, bei weiterem Erhitzen aber wird er braun und so dick und zähe, dass er beim Umkehren des Gefässes kaum noch aus demselben herausfliesst. Giesst man jetzt etwas davon in kaltes Wasser, so erhält man eine durchsichtige, weiche, elastische Masse, welche sich erst nach einigen Tagen wieder in festen Schwefel umwandelt. Man nennt diesen, dem geschmolzenen Glase ähnlichen Schwefel, wie alle anderen glasartigen Körper überhaupt, amorph oder gestaltlos, weil sich an ihnen irgend eine bestimmte Gestalt nicht unterscheiden lässt. Gummi, Pech, Leim etc. sind glasartig-amorphe Substanzen.

Fig. 83.



Die graue, grünliche oder röthliche Farbe, welche der umgeschmolzene Schwefel häufig zeigt, rührt von Spuren von Fett, Staub, Fingerschweiss oder anderen organischen Stoffen her, durch welche er selbst dunkelroth, ja ganz schwarz werden kann.

140. Schwefelgas und Schwefelblumen. *Versuch.* Wird der Schwefel in dem Probirgläschen noch stärker erhitzt, ungefähr $4\frac{1}{2}$mal stärker als kochendes Wasser, so fängt er an zu sieden (bei 440° C.) und verwandelt sich dabei in eine braunrothe Luftart, in Schwefelgas (Schwefeldampf); er ist also flüchtig und kann, gerade wie das Wasser, alle drei Aggregatzustände (fest, flüssig und luftförmig) annehmen. Der feste Schwefel ist noch einmal so schwer als Wasser, das Schwefelgas $6\frac{1}{2}$mal schwerer als gewöhnliche Luft. Im Innern des Gläschens ist das Schwefelgas durchsichtig und braunroth, ausserhalb desselben dagegen erscheint es als ein gelblicher Dampf oder Rauch, weil es sich in der kalten Luft wieder zu Stäubchen von festem Schwefel verdichtet. Leitet man den Schwefeldampf durch ein auf das Probirgläschen aufgesetztes weites und kurzes Rohr in ein Glas, welches durch kaltes Wasser abgekühlt wird, so verdichten sich die gedachten Stäubchen von Schwefel darin zu einem zarten, gelben Pulver, welches im Handel den Namen Schwefelblumen führt. Bei der Darstellung im Grossen wendet man statt des Glases grosse Kammern an. Man nennt eine solche Operation, bei welcher ein flüchtiger Körper verdampft und dann durch Abkühlung wieder zu einem festen Körper verdichtet wird, eine Sublimation. Bei der Destillation verdichtet sich der Dampf zu einer Flüssigkeit (Destillat), bei der Sublimation zu einem festen Körper (Sublimat).

Stangenschwefel. Kühlt man die Vorlage bei dem vorigen Versuche nicht ab, so wird sie nach und nach so heiss, dass der Schwefel als Flüssigkeit übergeht (destillirt). Dies ist der Weg, auf welchem man im Grossen den natürlichen Schwefel reinigt; die beigemengten erdigen Theile sind nicht flüchtig, sie bleiben daher zurück, während aller Schwefel verdampft und wieder verdichtet wird. Man giesst den geschmolzenen Schwefel gewöhnlich in nasse Holzformen und nennt ihn dann Stangenschwefel.

141. Präcipitirter Schwefel. *Versuch.* Man fülle ein eisernes Schälchen halb voll Natronlösung (Seifensiederlauge), setze eine

Fig. 84.



Messerspitze Schwefelblumen hinzu und koche das Gemisch unter Umrühren einige Zeit: ein Theil des Schwefels löst sich auf und färbt die Flüssigkeit braungelb. Die Flüssigkeit wird nun klar abgegossen, mit Wasser verdünnt und mit Essig vermischt: sie wird sofort ein milchähnliches Ansehen bekommen, weil der Schwefel sich in Gestalt eines überaus feinen Pulvers aus der Lösung ausscheidet, welches so leicht ist, dass es sich einige Zeit in der Flüssigkeit schwebend erhält und erst nach längerem Stehen zu Boden setzt. Man bringt es auf ein Filtrum, wäscht es mit Wasser aus und trocknet es in gelinder Wärme. Es heisst Schwefelmilch oder präcipitirter Schwefel und ist Schwefel in der feinsten Zerkleinerung oder Zertheilung, zu welcher er dadurch gelangte, dass die einzelnen Schwefeltheilchen durch die vielen dazwischen liegenden Wassertheilchen bei ihrer Trennung von den letzteren auseinander gehalten wurden. Der Schwefel hat in diesem Zustande eine fast weisse Farbe, er wird aber wieder deutlich gelb, wenn man ihn schmilzt, weil beim Schmelzen die einzelnen Schwefelstäubchen sich einander wieder nähern und zu grösseren Massen vereinigen können. Man benutzt diese Methode in der Chemie sehr häufig, um feste Körper in das feinste Pulver zu verwandeln. Solche staubartige Körper werden nicht selten ebenfalls amorph, und zwar zur Unterscheidung von den glasartig-amorphen Körpern pulverig-amorph genannt.

Die Auflösung des Schwefels in Lauge geht keineswegs so einfach vor sich, wie etwa die des Zuckers oder eines Salzes in Wasser, es bilden sich vielmehr unter Zuhülfenahme der Bestandtheile des Wassers, verschiedene eigenthümliche Schwefelverbindungen; die eine davon, Schwefelwasserstoff (HS), ist luftförmig und verursacht den unangenehmen Geruch, der sich beim Zusatz des Essigs zur Schwefellösung entwickelt. Der Essig selbst verbindet sich mit dem Natron der Lauge und

diese verliert dann die Fähigkeit, den Schwefel aufgelöst zu erhalten.

Verbindungen des Schwefels.

Der Schwefel ist nach dem Sauerstoff der stärkste chemische Körper, er kann sich, wie dieser, mit allen anderen Elementen verbinden und thut dies mit grosser Lust und Liebe, insbesondere mit den Metallen.

142. Sauerstoff und Schwefel. *Versuch.* Erhitzt man den Schwefel in einem Gefässe, welches die Luft frei zutreten lässt, z. B. in einem Blechlöffel, oder berührt man ihn mit einem glühenden Körper, so brennt er mit blauer Flamme, d. h. er verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft unter Feuererscheinung und bildet damit, wie dies schon früher (66) gezeigt worden ist, eine stechend riechende Luftart, die schweflige Säure (SO_2). Tritt zu dieser noch ein Atom Sauerstoff, so entsteht daraus die bekannte, höchst wichtige Schwefelsäure (SO_3).

Die Eigenschaft des Schwefels, schon bei geringer Erhitzung an- und fortzubrennen, hat ihn zu dem gewöhnlichsten Zündmittel gemacht, durch das wir andere schwerer brennbare Körper bis zu der Temperatur erhitzen, bei welcher sie fortbrennen können (Schwefelfaden, Schwefelhölzchen, Schiesspulver, Feuerwerke etc.). Das Anzünden eines einfachen Steinkohlenfeuers zeigt recht deutlich, wie man durch stufenweisen Uebergang von leicht entzündlichen Brennmaterialien zu schwer entzündlichen nach und nach dahin gelangt, die letzteren bis zu dem Wärmegrade zu erhitzen, bei dem sie an- und fortbrennen können. Die durch Reibung glühend gewordenen Stahlstückchen des Feuerstahls z. B. bringen die feinzertheilte Kohle des Zunders zum Glimmen, diese erhitzt den Schwefelfaden bis zur Entzündung, und durch dessen Hitze kommen nach und nach erst Stroh, dann Holz und endlich die schwer brennbaren Steinkohlen bis zu der Temperatur, welche sie zum Brennen nöthig haben. Man erhält hier folgende Verbrennlichkeitsscala: feinzertheilte Kohle, — Schwefel, — Stroh, — Holz, — Steinkohlen.

143. Kupfer und Schwefel. *Versuch.* In einem Probirgläschen bringe man etwas Schwefel zum Kochen und halte einen Streifen von ganz dünnem Kupferblech in das braunrothe Gas: das Ku-

pfer geräth für einige Augenblicke in lebhaftes Glühen und verliert dabei seine rothe Farbe und seine Biegsamkeit, es wird grau und spröde und wiegt etwa $1/4$ mehr als vorher. Der neuentstandene, graue, strahlig-krystallinische Körper heisst **Schwefelkupfer**. Beide Elemente haben sich, und zwar in ganz bestimmter Menge, aufs Innigste mit einander vereinigt; sowohl die Eigenschaften des Schwefels als die des Kupfers sind dabei aufs Vollständigste verschwunden. Die Hitze, welche bis zum Glühen stieg, ist eine Folge der chemischen Verbindung, da einem Naturgesetze zufolge überall, wo sich Körper chemisch mit einander verbinden, auch Wärme entsteht; in den meisten Fällen geht aber die Erhitzung nicht bis zum Glühen oder Verbrennen.

Fig. 85.



Auf ähnliche Weise kann man fast alle übrigen Metalle in Schwefelmetalle verwandeln. Wir finden aber von diesen auch viele schon fertig gebildet in der Erde, und die Bergleute nennen sie: Glanze, Blenden oder Kiese. Der fast in allen Steinkohlen anzutreffende, wie Messing glänzende Schwefelkies ist Schwefeleisen, der rothe Zinnober ist Schwefelquecksilber etc. Auch das oben künstlich dargestellte Schwefelkupfer trifft man als Erz an; es heisst dann **Kupferglanz**.

144. Eisen und Schwefel. *Versuch.* 30 Grm. Eisenfeile und 20 Grm. Schwefelblumen werden in einem kleinen Töpfchen mit 20 Grm. Wasser zusammengerührt und an einen warmen Ort gestellt: die Masse erhitzt sich, das Wasser verdampft, und man hat nach $1/2$ Stunde ein staubiges, schwarzes Pulver, in dem sich nichts mehr von einzelnen Eisen- oder Schwefeltheilchen wahrnehmen lässt; es ist eine chemische Verbindung, **Schwefeleisen**, entstanden. Mengt man die beiden Stoffe ohne Wasser zusammen, so entsteht keine Vereinigung, ausser wenn man sie

bis zum Glühen erhitzt; das Wasser bewirkt die Verbindung, weil es die Schwefel- und Eisentheilchen so nahe zusammenbringt, dass sie sich chemisch anziehen können; es ist gleichsam die Brücke, die den Uebergang des einen Körpers zu dem anderen vermittelt.

145. Schwefelungsstufen. Der Schwefel hat mit dem Sauerstoff noch die Aehnlichkeit, dass er sich mit anderen Körpern, je nach den Umständen, bald in grösseren, bald in geringeren Mengen verbinden kann. Die Mengen sind aber auch hier immer für jede einzelne Verbindung festbestimmt und unveränderlich (stöchiometrisch). In dem schwarzen (Einfach-) Schwefeleisen sind z. B. immer 28 Gewthle. Eisen mit 16 Gewthln. Schwefel, in dem gelben Schwefelkies immer 28 Gewthle. Eisen mit 32 Gewthln. Schwefel verbunden (Schwefelungsstufen); ist mehr Schwefel vorhanden, so bleibt der Ueberschuss unverbunden. Bei den Oxydationsstufen unterschied man Oxyde und Oxydule, bei den Schwefelverbindungen nennt man die mit der grössten Menge Schwefel: Sulfide, die mit der geringeren: Sulfüre.

Das chemische Zeichen für Schwefel ist = S. FeS heisst hiernach Eisensulfür; FeS_2 Eisensulfid. Fe, der Anfang des Namens Ferrum, ist das Zeichen für Eisen.

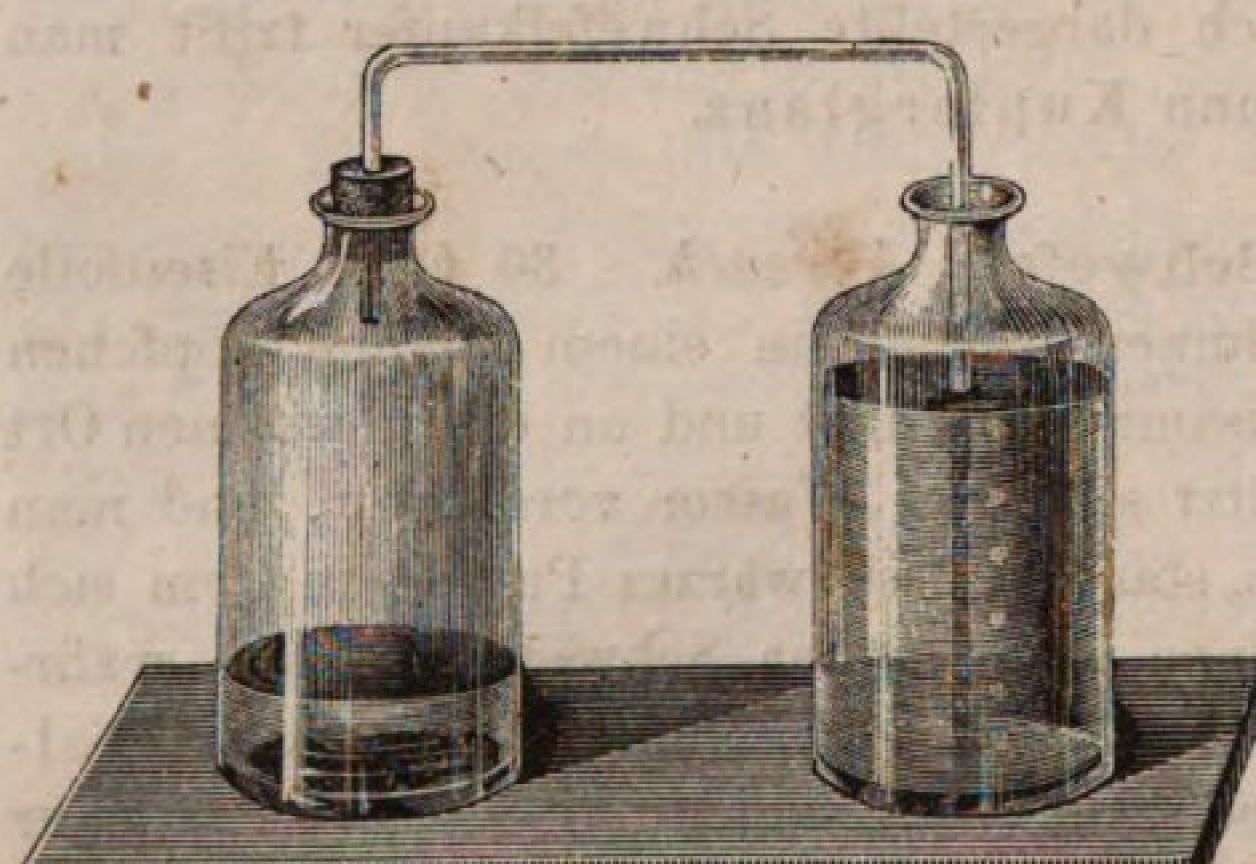
Schwefelwasserstoff oder Hydrothionsäure (HS).

(Aeq.-Gew. = 17.)

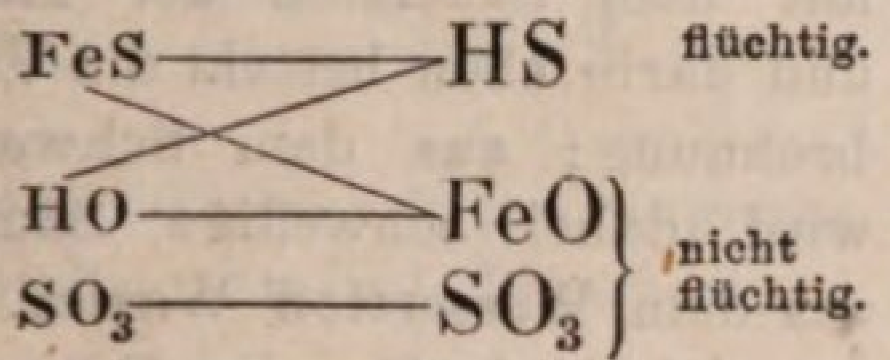
— Zusammensetzung 1796 von Berthollet nachgewiesen. —

146. Darstellung von Schwefelwasserstoff. *Versuch.* In ein Glas von 150 C.C. schütte man 10 Grm. schwarzes Schwefeleisen und 20 Grm. verdünnte Schwefelsäure (88) und verstopfe das Glas schnell mit einem Korke, der mit einer Glasröhre verbunden ist. Diese taucht mit dem längeren Schenkel in

Fig. 86.

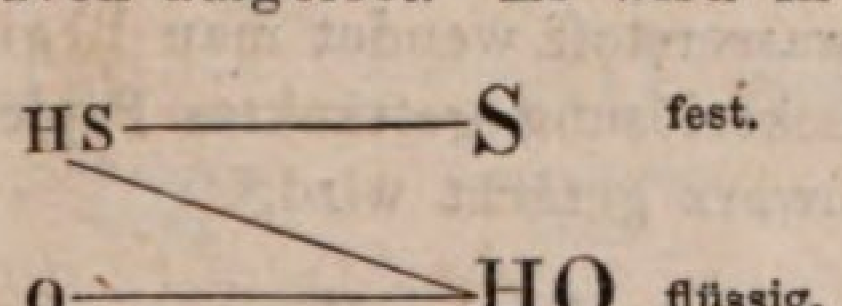


ein mit kaltem Wasser angefülltes Glas. Zuerst entweicht die in dem ersteren Gefässe und der Glasröhre enthaltene atmosphärische Luft, dann aber kommt eine sehr übel riechende Luftart, welche sich im Wasser auflöst und ihm einen Geruch nach faulen Eiern mittheilt. Dieses Gas heisst Schwefelwasserstoff. Der Vorgang hierbei ist ganz so wie bei der Wasserstoffbereitung aus Eisen (87). Es wird Wasser zerlegt; der Sauerstoff desselben oxydirt das Eisen zu Eisenoxydul, welches mit der Schwefelsäure Eisenvitriol bildet; der Wasserstoff des Wassers dagegen entweicht und nimmt den im Schwefeleisen enthaltenen Schwefel als Gesellschafter mit.



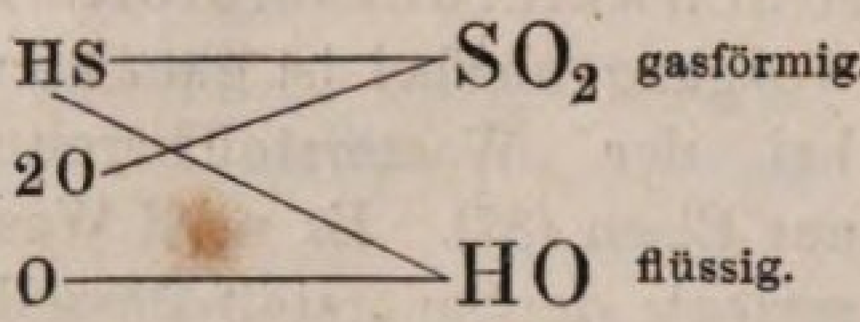
Das leichte, unter allen Umständen luftförmige Wasserstoffgas hat im hohen Grade die Fähigkeit, auch andere nicht- oder doch schwerflüchtige Körper, wenn es sich mit ihnen verbindet, luftförmig zu machen, ähnlich wie ein begeisterter Sprecher auch trägen und gleichgültigen Zuhörern seinen Enthusiasmus mitzutheilen vermag. Selbst der noch nie zum Schmelzen, viel weniger zum Verdampfen gebrachte Kohlenstoff wird zum leichten Gas, wenn er sich, wie im Leucht- und Sumpfgase, mit Wasserstoff verbindet.

Schwefelwasserstoffwasser. Hört die Gasentwickelung auf, so giesst man abermals etwas verdünnte Schwefelsäure zu, damit sich von Neuem Gas erzeuge. Das Wasser ist mit dem Gase gesättigt, wenn beim Umschütteln der die Oeffnung des Gefässes verschliessende Finger nicht mehr angezogen oder, richtiger, angedrückt wird; 1 Maass Wasser enthält dann $2\frac{1}{2}$ Maass davon aufgelöst. Es wird in kleinen, gut verstöpselten Gläsern unter dem Namen Schwefelwasserstoffwasser aufgehoben. Beim Zutritt der Luft wird es trübe, weil der Sauerstoff der Luft sich mit dem Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs zu Wasser vereinigt und der Schwefel dann als feines, weisses Pulver (Schwefelmilch) niederfällt.



147. Eigenschaften des Schwefelwasserstoffs. Entfernt man während der Gasentwickelung das Wasserfläschchen, so kann

man das Gas durch einen brennenden Fidibus **entzünden**; es brennt mit blauer Flamme, und dabei verschwindet der stinkende Geruch gänzlich, dafür aber tritt der bekannte Geruch des brennenden Schwefels auf. Beide Bestandtheile verbinden sich mit dem Sauerstoff der Luft, und darin eben besteht die Verbrennung; aus dem Schwefel wird dabei schweflige Säure, aus dem Wasserstoff Wasser.



Das Schwefelwasserstoffgas ist **schädlich** für die Gesundheit, man muss sich daher vor dem Einathmen desselben hüten; am einfachsten geschieht dies, wenn man bei Versuchen mit demselben einen Ort auswählt, wo ein Luftzug stattfindet, durch welchen es weggeweht wird. Ein vor Mund und Nase gehaltenes, mit etwas Weingeist befeuchtetes Tuch ist gleichfalls ein gutes Schutzmittel.

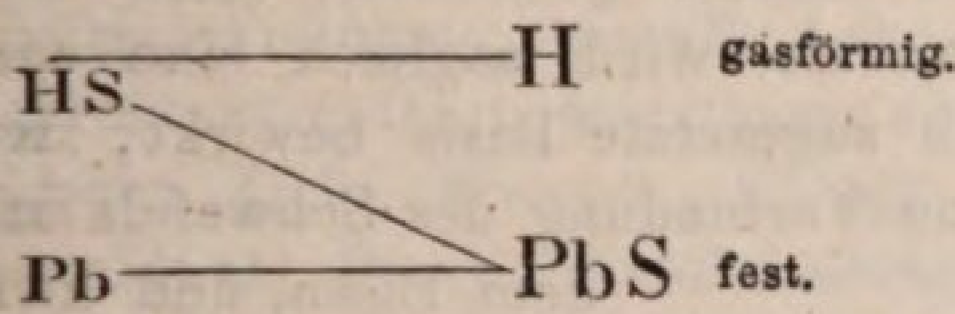
Schwefelwasserstoffgas macht blaues Lackmuspapier roth, auch kann es sich mit vielen Basen verbinden, es gehört daher zu den **Säuren**. Man nennt es deshalb auch, nach den zwei griechischen Namen für Wasser (*hydor-*) und Schwefel (*thion-*): **Hydrothionsäure**. Die Eigenschaft, andere Körper sauer zu machen, kommt demnach nicht dem Sauerstoff allein zu, sondern auch dem Wasserstoff; der letztere vermag dies aber nur bei einigen wenigen Elementen, der Sauerstoff bei sehr vielen. Schwefelwasserstoff hat die Formel HS, wodurch angedeutet werden soll, dass es aus 1 Aeq. **Wasserstoff** und 1 Aeq. **Schwefel** zusammengesetzt ist. Man wird leicht finden, wie diese Formel der des Wassers (HO) sehr ähnlich ist.

Zur Entdeckung von Schwefelwasserstoff wendet man **Bleipapier**, d. h. mit schwacher Bleizuckerlösung getränktes Papier an, welches dadurch braun oder schwarz gefärbt wird.

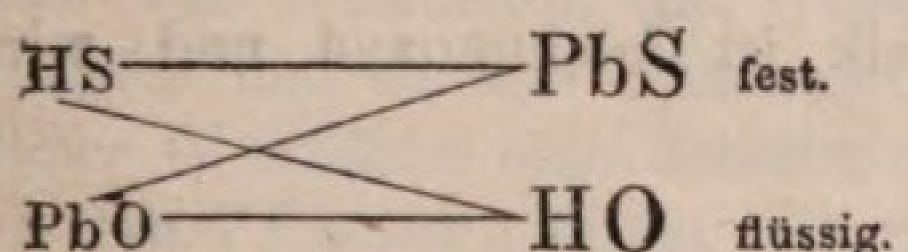
148. Schwefelwasserstoff und metallische Körper. Gegen Metalle, Metalloxyde und Metallsalze zeigt das Schwefelwasserstoffgas ein sehr charakteristisches, für Wissenschaft und Praxis überaus wichtig gewordenes Verhalten, über welches die folgenden vier Versuche nähere Auskunft geben werden.

Metalle und Schwefelwasserstoff. *Versuch* a. Man

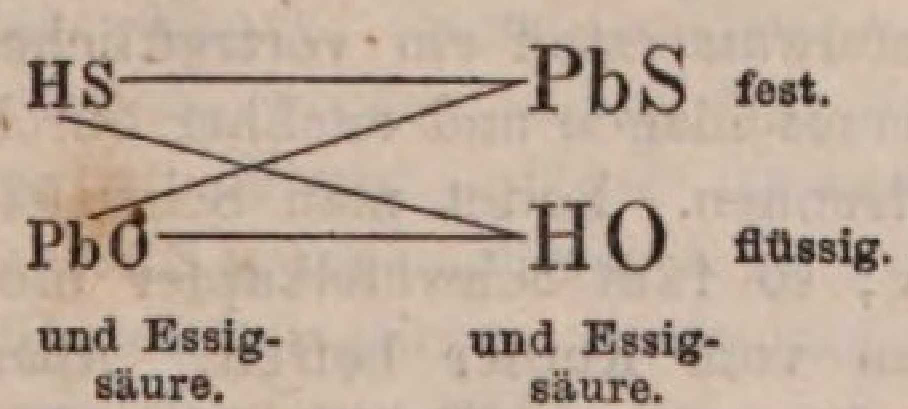
giesse einige Tropfen Schwefelwasserstoffwasser auf eine blanke Silber- oder Kupfermünze, und auf ein Stück Blei und Eisen; die ersten drei Metalle laufen schnell an und werden endlich schwarz; sie verbinden sich nämlich mit dem Schwefel zu dunkeln Schwefelmetallen, während der Wasserstoff entweicht; das Eisen hingegen wird nicht verändert. Pb ist das Zeichen für Blei, Plumbum.



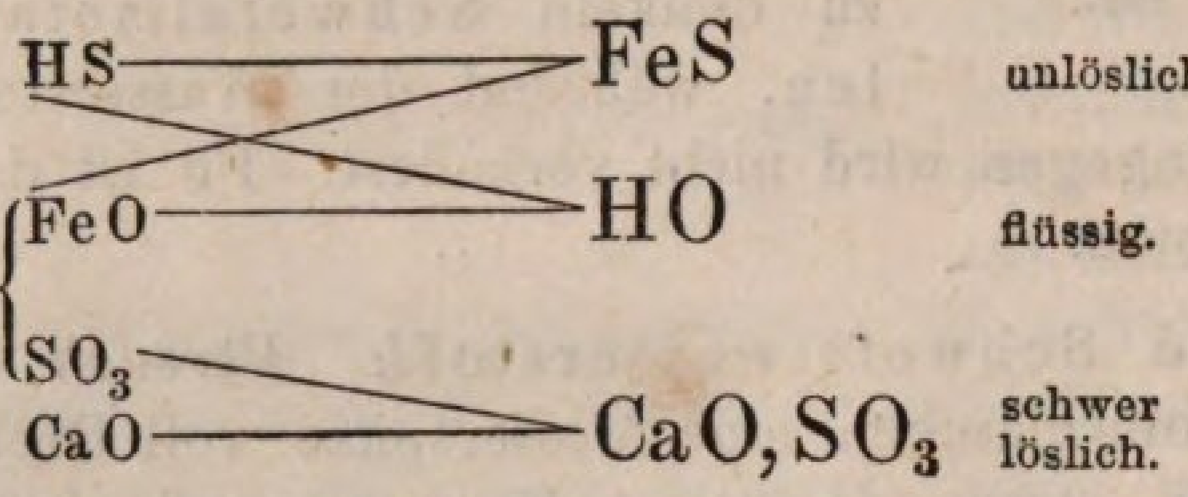
Metalloxyde und Schwefelwasserstoff. *Versuch* b. Man schütte in ein Probirgläschen eine Messerspitze voll Bleiglätte, in ein anderes etwas geglühten Eisenrost und giesse Schwefelwasserstoffwasser darauf: die gelbe Bleiglätte (Bleioxyd) wird sogleich schwarz; es entsteht ein Austausch der Bestandtheile: der Schwefelwasserstoff giebt seinen Schwefel an das Blei des Bleioxydes ab und empfängt dafür den Sauerstoff des letzteren. Es bildet sich sonach Schwefelblei und Wasser und der unangenehme Geruch verschwindet alsbald. In dem Gläschen mit dem geglühten Eisenroste ändert sich weder die Farbe noch der Geruch, ein Beweis, dass in ihm keine chemische Veränderung stattfindet.



Negative Metallsalze und Schwefelwasserstoff. *Versuch* c. Man wiederhole denselben Versuch, nur nehme man statt der Glätte ein ganz kleines Krümchen Bleizucker, statt des Rostes ein wenig Eisenvitriol (nebst einigen Tropfen Essig), welche zwei Salze zuvor jedes für sich in 1 Liter Wasser gelöst werden; der Erfolg ist derselbe wie bei dem vorigen Versuche. Bleizucker ist essigsaures Bleioxyd; das Bleioxyd wird auch bei dieser grossen Vertheilung im Wasser in Schwefelblei verwandelt und fällt mit der Zeit als schwarzer Schlamm zu Boden. Bei sehr starker Verdünnung wird die Flüssigkeit nur braun gefärbt. Die Essigsäure wird frei und bleibt in der Flüssigkeit.



Positive Metallsalze und Schwefelwasserstoff. *Versuch* d. Zu der Eisenvitriollösung, die im vorigen Versuche nach Zusatz von Schwefelwasserstoff klar geblieben, setze man etwas Kalkwasser oder Soda: sie wird sogleich eine tiefschwarze Farbe annehmen. Die zugesetzte Basis bewirkt, was ohne dieselbe nicht geschah, eine Verbindung des Schwefels mit dem Eisen, und zwar aus dem Grunde, weil sie selbst an die Schwefelsäure des Eisenvitriols tritt. Die Schwefelsäure hat eine so grosse Affinität zu dem Eisenoxydul, dass sie das letztere nur dann loslässt, wenn sie einen Ersatz dafür erhält; dieser Ersatz wird ihr durch den Kalk oder die Soda, die man sonach für stärkere Basen ansehen muss, als das Eisenoxydul, geboten. Kalk ist Calciumoxyd und wird mit CaO bezeichnet.



149. Schwefelwasserstoff als Reagens. Aus den vorstehenden Versuchen ergeben sich folgende Lehren:

a) Der Schwefel hat auch auf nassem Wege, d. h. in Flüssigkeiten gelöst, eine sehr grosse Verwandtschaft zu den Metallen, und verwandelt Metalle, Metalloxyde und Metallsalze in Schwefelmetalle.

b) Die meisten Schwefelmetalle sind ganz unlöslich in Wasser; man hat daher in dem Schwefelwasserstoff ein vortreffliches Mittel, um aufgelöste Metalle niederzuschlagen und nachher durch Filtration von der Flüssigkeit zu trennen. Leitet man Schwefelwasserstoff in kupferhaltigen Essig, so fällt Schwefelkupfer nieder, und der filtrirte Essig ist nun vom Kupfer befreit. Aber nicht alle Schwefelmetalle besitzen eine schwarze Farbe; Schwefelantimon sieht gelbroth, Schwefelarsenik gelb, Schwefelzink weiss aus. Hierauf gründet sich die Anwendung des Schwefelwasserstoffs als Reagens, d. h. als Erkennungsmittel vieler Metalle. Bleihaltiger Wein wird auf Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser schwarz oder mindestens braun; wegen dieser Anwendung nannte man das letztere sonst Hahnemann'sche Weinprobe.

c) Manche Metalle werden aus ihren Auflösungen auf Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser ohne Weiteres als Schwefelmetalle niedergeschlagen, z. B. Kupfer, Silber, Gold, Blei, Quecksilber, Zinn, Antimon, Arsenik (man nennt diese elektronegativ); andere erst dann, wenn man eine stärkere Basis hinzufügt, z. B. Eisen, Zink, Mangan, Kobalt, Nickel (diese heissen elektropositiv). Das Schwefelwasserstoffgas kann demnach auch dazu benutzt werden, um ein Metall von dem anderen zu trennen; es ist hierdurch zu einem der wichtigsten Scheidungsmittel für analytische Chemie geworden.

150. Schwefelwasserstoff durch Fäulniss. Es ist bekannt, dass sich da, wo thierische Stoffe, z. B. Fleisch, Blut, Excremente etc., faulen, ein Geruch nach faulen Eiern entwickelt; dieser rührt gleichfalls von Schwefelwasserstoffgas her, das sich aus dem in den meisten Thierstoffen enthaltenen Schwefel und aus dem Wasserstoff des Wassers bildet. In solcher Luft laufen Kupfer und andere metallene Gegenstände an, indem sich auf ihrer Oberfläche eine Schicht von Schwefelmetall erzeugt. Auch in den Pflanzen findet sich Schwefel vor, in reichlicher Menge insbesondere in den Samen, z. B. den Erbsen, Bohnen etc., und in einigen sehr scharf schmeckenden Gewächsen, z. B. im Senf und Meerrettig. Lässt man diese faulen, so entwickelt sich aus ihnen Schwefelwasserstoffgas.

151. Schwefelwasserstoff in Quellen. Endlich ist noch anzuführen, dass dieses Gas auch zuweilen in Quellwässern vorkommt, was leicht durch Geruch und Geschmack zu entdecken ist. Manche dieser Quellen, z. B. die berühmte heisse Quelle zu Aachen, werden unter dem Namen Schwefelwässer als Heilmittel benutzt. Eine faulende Holzröhre kann oft ein sonst gutes Trinkwasser durch Zersetzung des in letzterem enthaltenen Gypses zu einem stinkenden Schwefelwasser machen; entfernt man die faule Röhre, so wird das Wasser wieder geruchlos und trinkbar.

Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol (CS_2).

(Aeq.-Gew. = 38.)

152. Der Schwefelkohlenstoff ist eine wasserhelle, sehr widrig riechende und sehr flüchtige Flüssigkeit. Obwohl schwe-

rer als Wasser (specif. Gew. 1,27), kocht derselbe doch schon bei 48° C. Angezündet verbrennt er mit blauer Flamme zu Kohlensäure und schwefliger Säure. Er löst Schwefel und Phosphor mit Leichtigkeit auf, wie auch Oele und Fette, man wendet ihn daher zum Entfetten der Schafwolle wie zur Oelgewinnung aus Raps- und Leinsamen etc. an. In den Standgefässen bedeckt man ihn zuweilen mit einer Schicht Wasser, welches auf ihm schwimmt und sich nicht mit ihm vermischt, um ihn am Verfliegen zu hindern. Um ihn darzustellen, leitet man Schwefel in Gasform über glühende Holzkohle und verdichtet das Product in eiskaltem Wasser.

Selen (Se) und Tellur (Te).

Ersteres 1817 von Berzelius, letzteres 1782 von Müller v. Reichenstein entdeckt. —

153. Diese zwei Elemente haben in ihren Verbindungen die grösste Aehnlichkeit mit dem Schwefel, kommen aber nur sehr selten in der Natur vor. Das Selen ist unter Anderem in dem rothen Schlamme enthalten, der sich aus mancher Schwefelsäure, insbesondere nach deren Verdünnung mit Wasser, absetzt.

Phosphor (P).

(Aeq.-Gew. = 31. — Specif. Gew. = 1,84.)

— 1669 von Brandt und Kunkel im Urin, 1769 von Gahn und Scheele in den Knochen entdeckt. —

154. Vorsicht bei Versuchen mit Phosphor. Bei den Versuchen mit Phosphor ist allen Ernstes darauf zu achten, dass er sich nicht zur Unzeit entzünde, da er mit der grössten Heftigkeit fortbrennt und gefährliche Brandwunden veranlassen kann. Er ist im Stande, besonders zur Sommerzeit, sich schon beim ruhigen Daliegen auf Löschpapier oder durch die Wärme der Finger zu entzünden; man muss ihn daher unter Wasser aufbewahren und zerschneiden. Wird er aus dem Wasser herausgenommen, so hält man ihn mit einer kleinen Zange, oder spiesst ihn an die Spitze eines Federmessers; auch ist es der Vorsicht gemäss, zu den Versuchen nur kleine Quantitäten

Phosphor auf einmal anzuwenden und ein Wassergefäss parat zu halten, um ihn, wenn er Feuer fangen sollte, in dasselbe eintauchen zu können.

155. Eigenschaften des Phosphors. Der Phosphor ist in seinen Eigenschaften dem Schwefel sehr nahe verwandt, nur besitzt er eine ungleich hitzigere Gemüthsart. Man könnte den Schwefel für einen phlegmatischen Bruder des Phosphors ansehen. Phosphor schmilzt, kocht, verdampft und verbrennt wie der Schwefel, nur ungleich leichter und schneller; im Winter ist er spröde, im Sommer biegsam wie Wachs. Im reinen und frischen Zustande ist er farblos, bei längerer Aufbewahrung aber wird er gelblich und überzieht sich mit einer etwas Wasser enthaltenden weissen Rinde. Der Phosphor ist ferner in Wasser unlöslich, aber löslich in Aether, Schwefelkohlenstoff und Oelen. Eingenommen ist der Phosphor ein überaus heftiges Gift; man benutzt ihn deshalb häufig zur Vertilgung der Ratten und Mäuse. Die sogenannte Rattenlatwerge (Phosphorteig) wird aus 1 Thl. Phosphor, 36 Thln. kochendheissem Wasser und 32 Thln. Roggenmehl zusammengemischt. Zu den Phosphorpillen kommt noch etwas mehr Mehl.

156. Allotropie des Phosphors. Rother Phosphor. Wird farbloser Phosphor längere Zeit dem Lichte oder einer Hitze von 250° C. ausgesetzt, so erfährt er eine bemerkenswerthe Veränderung, indem er in einen allotropischen Zustand übergeht. Er nimmt dann eine röthlichschwarze, als Pulver eine scharlachrothe, zinnoberähnliche Farbe an und hat nun seine leichte Entzündlichkeit und Löslichkeit wie seine Leuchtkraft verloren, kann aber durch noch stärkeres Erhitzen vollkommen wieder in gewöhnlichen Phosphor übergeführt werden.

Versuche mit Phosphor.

157. Phosphorlösung. *Versuch.* In ein kleines Gläschen bringe man zuerst 10 C. C. Aether, dann ein linsengrosses Stück Phosphor, verstopfe das Gefäss und lasse es unter öfterem Umschütteln einige Tage stehen. Die Flüssigkeit wird abgegossen; sie enthält ungefähr $\frac{1}{2}$ Decigr. Phosphor aufgelöst und dient zu folgenden Versuchen:

Langsame Verbrennung. Leuchten. *Versuch* a. Einige Tropfen der Phosphorlösung werden auf die Hand gegossen und schnell auf ihr verrieben: in einigen Augenblicken ist der Aether verdunstet, der Phosphor aber bleibt in der feinsten Vertheilung auf der Hand zurück. Je feiner derselbe vertheilt ist, um desto leichter verbindet er sich mit dem Sauerstoff der Luft; während dieser Verbindung verbreitet er einen weissen Rauch und ein starkes Licht (er phosphorescirt), daher leuchten die Hände an einem dunkeln Orte. Von dieser Eigenschaft ist der Name Phosphor herzuleiten: phos — heisst Licht, phor — Träger. Durch Reiben der Hände wird dieses Leuchten stärker, weil der Phosphor dadurch immer wieder eine frische Oberfläche erhält, die begierig von Neuem Sauerstoff anzieht. Die Wärme, die dabei entwickelt wird, ist zu unbedeutend, um eine Entzündung zu veranlassen. Man nennt diese bei niedriger Temperatur stattfindende Oxydation eine langsame Verbrennung. Während des Leuchtens riechen die Hände nach Knoblauch und erlangen zugleich einen sauren Geschmack, weil die gebildete Sauerstoffverbindung des Phosphors eine Säure ist; sie heisst phosphorige Säure und besteht aus 1 Aeq. Phosphor und 3 Aeq. Sauerstoff. Will man dieselbe in grösserer Quantität darstellen, so legt man ein Stückchen Phosphor in ein Glas und lässt dieses im Keller so lange stehen, bis der Phosphor sich in eine farblose, saure Flüssigkeit verwandelt hat. Hierbei nimmt jedoch auch ein Theil der erzeugten phosphorigen Säure noch mehr Sauerstoff auf und wird zu Phosphorsäure; die gewonnene saure Flüssigkeit ist demnach ein Gemenge von diesen beiden Säuren.

Lebhafte Verbrennung. *Versuch* b. Man befeuchte ein Stück Zucker mit der Phosphorlösung und werfe es in kochendheisses Wasser: durch die Wärme des letzteren wird der Aether sammt dem gelösten Phosphor luftförmig; beide steigen auf die Oberfläche des Wassers und entzünden sich gewöhnlich daselbst, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Die Verbrennung erfolgt hier rasch und vollständig, und dabei nimmt der Phosphor eine grössere Menge Sauerstoff auf, nämlich 5 Aeq. Sauerstoff auf 1 Aeq. Phosphor; es bildet sich Phosphorsäure, die überall entsteht, wo Phosphor vollständig, d. h.

mit Flamme verbrennt, wie dies schon gezeigt worden ist (67. 72).

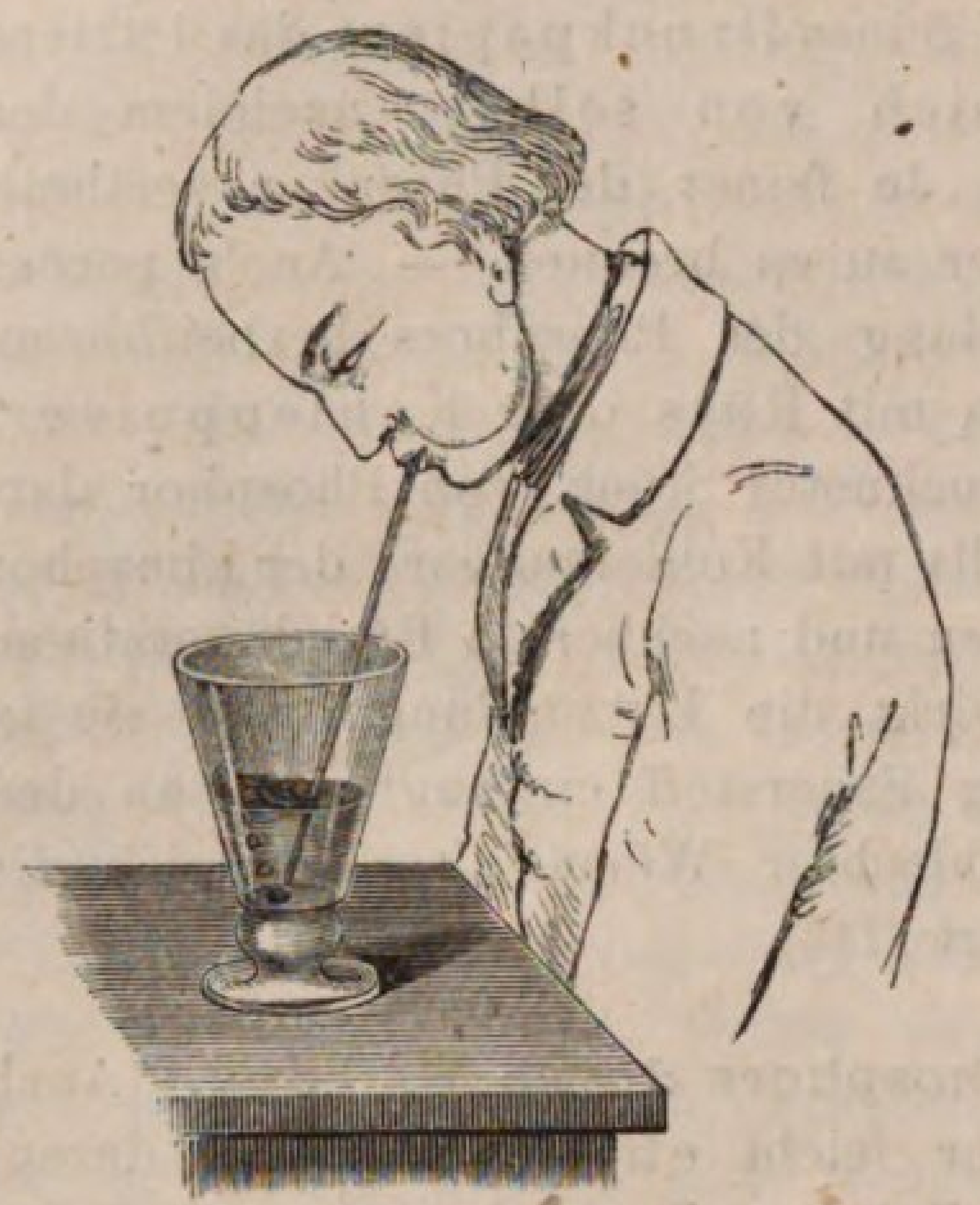
Selbstentzündung. *Versuch* c. Man giesse etwas von der Phosphor-Aetherlösung auf feines Druckpapier: das letztere erglimmt oder entzündet sich von selbst, nachdem der Aether sich verflüchtigt hat. Je feiner der Phosphor zertheilt ist, um desto leichter fängt er an zu brennen. — Auch poröse Körper können eine Entzündung des Phosphors herbeiführen. Man bestreue einen Ziegelstein mit Russ oder Kohlenpulver, lege ein erbsengrosses, abgetrocknetes Stück von Phosphor darauf und überdecke es gleichfalls mit Kohlenpulver: der Phosphor wird nach kurzer Zeit schmelzen und nachher in Brand gerathen. Die fein zertheilte Kohle bewirkt die Entzündung, weil sie in Folge ihrer Porosität begierig Sauerstoff einsaugt und an den Phosphor abgiebt und als schlechter Wärmeleiter zugleich die Abkühlung desselben verhindert (115).

158. Entzündung des Phosphors durch Reibung. Auch durch Reibung wird Phosphor leicht entzündet, und darauf gründet sich die in neuerer Zeit so allgemein gewordene Benutzung dieses Körpers zu Reibzündhölzchen. Die Zündmasse bereitet man aus heissem (70° C.) Gummischleim, wozu man kleine Stückchen Phosphor bringt, die man durch stetes Reiben bis zum Erkalten genau in dem Schleime vertheilt. Da aber die nach dem Trocknen harte Masse keine Luft zu dem in ihr eingeschlossenen Phosphor hinzulässt, so muss dafür gesorgt werden, dass der letztere im Innern einen sauerstoffreichen Körper vorfinde, dem er den zum Anzünden nothwendigen Sauerstoff wegnehmen kann. Man setzt daher Braunstein, Salpeter oder Mennige hinzu. $1\frac{3}{4}$ Thle. Phosphor, 4 Thle. Gummi arabicum, 4 Thle. Wasser, 2 Thle. Salpeter und 2 Thle. Mennige geben eine gute Zündmasse. Zum Anzünden der Streichhölzchen durch Erwärmung war nach 124. eine Temperatur von 65° bis 70° C. erforderlich, diese wird hier durch gleitende Reibung erzeugt. Dabei zerplatzt und verbrennt die Gummirinde, und das Fortbrennen kann nun durch den Sauerstoff der Luft erfolgen.

159. Unvollständige Verbrennung des Phosphors. *Versuch* a. Ein erbsengrosses Stück Phosphor wird in einem Glase

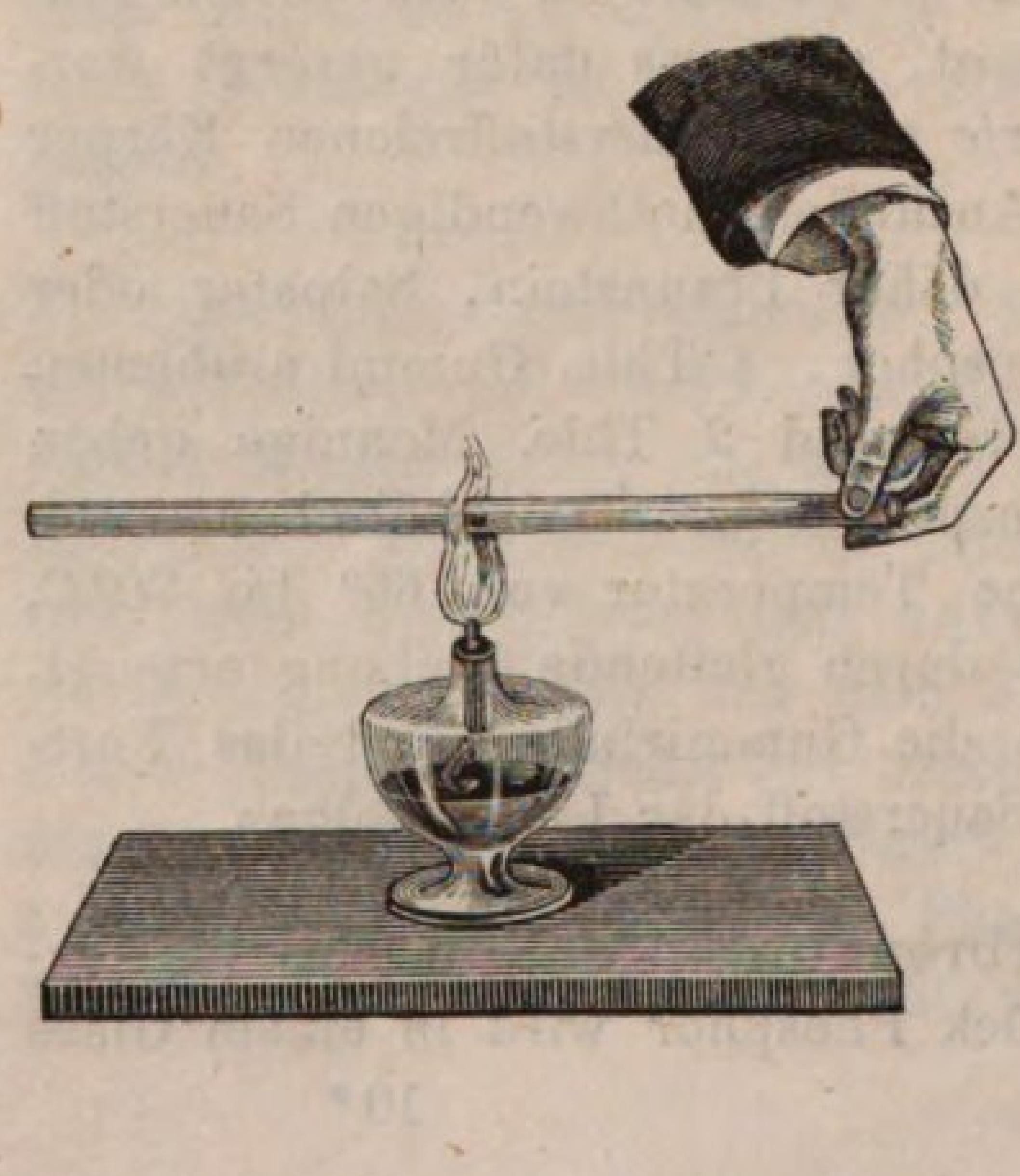
mit so viel heissem Wasser übergossen, dass das Glas nur halb voll wird: der Phosphor schmilzt, kann aber nicht anbrennen, weil das Wasser über ihm den Zutritt der Luft verhindert. Bläst man jedoch vorsichtig, damit kein Ueberspruden stattfinde, mit dem Munde Luft durch eine lange Glasröhre auf den Boden des Gefässes, so entsteht daselbst durch den Sauerstoff jeder Luftblase eine blitzartige Verbrennung, die man im Dunkeln besonders deutlich wahrnimmt. Das sich bildende und in der Flüssigkeit schwimmende, gelbrothe Pulver deutet an, dass sich hiebei ausser den Sauerstoffverbindungen des Phosphors auch rother allotropischer Phosphor mit erzeugt. Man nannte diese Verbindung bisher Phosphoroxyd, nach neueren Untersuchungen giebt es jedoch keine solche Oxydationsstufe.

Fig. 87.



Kocht man etwas von dem überstehenden Wasser im Dunkeln, so bemerkt man, dass der aufsteigende Dampf leuchtet. Die kleinsten Spuren von Phosphor verrathen sich auf diese Weise.

Fig. 88.



Versuch b. Dieselbe gelbrothe Verbindung erhält man, wenn man ein linsengrosses Stückchen Phosphor in der Mitte einer längeren an beiden Seiten offenen Glasröhre gelind bis zur Entzündung erhitzt. Ist dies geschehen, so wird die Lampe entfernt. So lange die Röhre hori-

zontal gehalten wird, ist die Verbrennung schwach und unvollständig, weil der schwere Rauch, der aus Phosphorsäure und phosphoriger Säure besteht, nur langsam abziehen und daher nur wenig frische Luft hinzutreten kann. An dem oberen Theile der Röhre setzt sich eine rothe Phosphormasse in Menge ab. Die Verbrennung wird aber sogleich lebhafter, wenn man die Röhre neigt; sie erfolgt am vollständigsten, wenn die letztere senkrecht gehalten wird, weil dann der Luftzug am stärksten ist. Man hat es auf diese Weise in seiner Gewalt, den Phosphor vorherrschend in Phosphorsäure, phosphorige Säure oder in die rothgelbe Verbindung umzuwandeln. Dieser Versuch ist auch zur Verdeutlichung des in Oefen und Schornsteinen stattfindenden Luftzuges (122) sehr geeignet.

160. Ozon. *Versuch.* Die langsame Verbrennung des Phosphors bei einer Temperatur von 25 bis 30° C. bietet Gelegenheit dar, einige Eigenschaften des Ozons (83), insbesondere den Geruch und die oxydirende Kraft desselben kennen zu lernen. Man fülle eine Schüssel halb voll mit heissem Wasser und stelle, wenn das Wasser bis zu 35° C. abgekühlt ist, eine mit einer Glasscheibe bedeckte Literflasche hinein, in welche man vorher eine etwa ½ Decimeter lange Stange Phosphor und so viel Wasser gebracht hat, dass der Phosphor halb von Wasser und halb von Luft umgeben ist. Hatte die Phosphorstange in Folge längerer Aufbewahrung sich mit einer weissen Rinde überzogen, so schabt man diese unter kaltem Wasser vorher ab; der Phosphor zeigt dann deutlich weisse Nebel und einen knoblauchartigen Geruch. In dem warmen Wasser tritt eine verstärkte Rauchentwickelung ein, insbesondere wenn man die Flasche öfters bewegt, um immer neue Phosphortheile mit der Luft in Berührung zu bringen. Riecht man nach 4 bis 5 Minuten in die Flasche, so bemerkt man einen anderen, unangenehmen, zum Husten reizenden Geruch; dieser ist dem aus einem kleinen Theile des atmosphärischen Sauerstoffs erzeugten Ozon-Sauerstoff zuzuschreiben. Die heftig oxydirenden Wirkungen des letzteren geben sich an dem Jodstärkepapier und Guajakpapier am deutlichsten zu erkennen; hängt man Streifen davon in die Flasche, so findet man, dass durch Sauerstoffaufnahme die weisse Farbe des ersteren bald in Braun und zuletzt in Dunkelblau übergeht, die bräun-

liche Farbe des letzteren aber in Hellblau, während in ozonfreier atmosphärischer Luft eine Sauerstoffaufnahme und Farbenänderung nicht eintritt. Pflanzenfarben werden durch Ozon, ähnlich wie durch Chlor, gebleicht, Metalle in Oxyde, Oxyde in Superoxyde umgewandelt u. a. m. — Sollte der Phosphor bei diesem Versuche sich etwa entzünden, so giesse man rasch so viel kaltes Wasser in die Flasche, dass dieses den Phosphor ganz bedeckt.

Das Jodstärkepapier erhält man, indem man Papierstreifen durch dünnen Stärkekleister (178) zieht, unter den man einige Tropfen Jodkaliumlösung (282) gerührt hat. Durch Ozon (ebenso durch Chlor und salpetrige Säure) wird Jod in Freiheit gesetzt, welches die Stärke tiefblau färbt. Dasselbe Papier benutzt man als Ozonometer, um den wechselnden Gehalt der Luft an Ozon zu bestimmen. Zur Herstellung des Guajakpapiers tränkt man das Papier mit einer Lösung von Guajakharz in Weingeist (Guajaktinctur).

161. Darstellung des Phosphors. Der Phosphor wurde sonst aus Urin gewonnen, jetzt stellt man ihn allgemein aus Knochen dar. Die Knochen bestehen der Hauptsache nach aus Leim (Knorpel), Kalk und Phosphorsäure (PO_5).

Leim wird entfernt durch Glühen der Knochen (er verbrennt).

Kalk wird entfernt durch Schwefelsäure (es entsteht schwefelsaurer Kalk).

Phosphorsäure. { Sauerstoff (O_5) wird entfernt durch Glühen mit Kohle (es entsteht Kohlenoxydgas).
Phosphor (P) bleibt übrig. }

Da der Phosphor flüchtig ist und leicht brennt, so wird das Glühen der Phosphorsäure mit Kohle in einem verschlossenen Gefässe, gewöhnlich in einer irdenen Retorte, vorgenommen, deren Hals in ein Wassergefäss taucht, in dem sich die Phosphordämpfe verdichten. Es ist also eine Destillation. Das sich mitentwickelnde Kohlenoxydgas entweicht, nebst etwas Phosphorwasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, durch das Wasser.

Desoxydiren durch Kohle. Die Kohle hat die Fähigkeit fast allen Säuren und Basen, wie hier der Phosphorsäure, in der Glühhitze den Sauerstoff wegzunehmen, oder, wie man sagt, sie zu desoxydiren oder reduciren; dabei entsteht aus dem

Kohlenstoff und Sauerstoff Kohlenoxydgas (CO), welches entweicht. Wir gewinnen fast alle unsere Metalle aus den in der Erde vorkommenden Metalloxyden oder Erzen durch Erhitzen derselben mit Kohle.

Phosphorwasserstoff (H_3P).

(Aeq.-Gew. = 34.)

162. *Versuch.* In ein kleines Kochfläschchen bringe man 10 Grm. gelöschten Kalk und ein erbsengrosses Stück Phosphor, fülle das Gläschen bis an den Hals voll Wasser und stelle es

Fig. 89.



in ein kleines Töpfchen, in dem sich starkes Salzwasser befindet. Dieses wird aus 1 Thl. Kochsalz und 3 Thln. Wasser bereitet. Nachdem man die Oeffnung des Gläschens mit einer gebogenen Glasröhre, die mit ihrem anderen Ende in ein Wassergefäss taucht, verbunden hat, erhitzt man das Salzwasser bis zum Kochen: es wird sich eine Gasart entwickeln, die sich, so wie sie aus dem Wasser in die Luft tritt, von selbst entzündet. Dieses Gas heisst Phosphorwasserstoffgas und besteht aus mehren Verbindungen von Phosphor und Wasserstoff, der Hauptsache nach aus H_3P. Fängt man dasselbe in einem mit Wasser gefüllten Probirgläschen auf die bekannte Weise auf, so entzündet es sich erst dann, wenn man das Gefäss an der Luft öffnet. Beim Brennen desselben verbinden sich sowohl Phosphor als

Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, und es entsteht Phosphorsäure (PO_5) und Wasser ($3HO$). Die erstere bildet einen weissen Rauch, welcher, wenn das Gas in einzelnen Blasen aus dem Wasser aufsteigt, eine ringförmige Gestalt hat. Unverbrannt riecht das Gas knoblauchartig

163. Prädisponirende Verwandtschaft. Bei der Bereitung von Schwefelwasserstoff (146) nahm das Eisen dem Wasser seinen Sauerstoff und der Schwefel verband sich nun mit dem freigewordenen Wasserstoff. Was diese beiden Stoffe zusammen vermochten, das vermag der Phosphor allein: er entzieht dem Wasser sowohl Sauerstoff als Wasserstoff, er theilt sich in die Bestandtheile des Wassers. Aus Phosphor und Sauerstoff entstehen zwei Säuren (Phosphor- und unterphosphorige Säure), die zurückbleiben; aus Phosphor und Wasserstoff aber bildet sich eine flüchtige, gasförmige Verbindung, welche entweicht. Der Phosphor vermag diese Wirkung jedoch nur dann auszuüben, wenn eine starke Basis, wie hier der Kalk, zugegen ist, mit der sich die aus Phosphor und Sauerstoff entstehenden Säuren verbinden können. Der Kalk ist der Bundesgenosse des Phosphors, er hilft nicht direct bei der Wasserzersetzung, sondern er feuert den Phosphor nur zu grösserer Kraft und Thätigkeit an. Er möchte sich selbst gern mit Säuren verbinden, es sind deren jedoch keine vorhanden; wohl aber können solche entstehen, wenn der Phosphor dem Wasser seinen Sauerstoff entreisst. Dies geschieht, und man kann sagen: der Kalk treibt den Phosphor an, er disponirt ihn zur Wasserzersetzung, damit er selbst sein Gelüste nach einer Verbindung mit Säuren befriedigen könne. Hieraus wird der Name erklärlich werden, den diese Art von Verwandtschaft erhalten hat; man nennt sie nämlich eine prädisponirende oder antreibende. Durch das Wort prae, vorher, soll angedeutet werden, dass es eine Verwandtschaft, ein Verlangen ist nach einem Körper, der noch nicht existirt, der aber aus den vorhandenen Elementen gebildet werden kann, und auch, eben in Folge dieses Verlangens, wirklich gebildet wird.

Betrachtet man jetzt den Vorgang bei der Bereitung des Wasserstoffs (87) und Schwefelwasserstoffs (146), so wird man nicht im Zweifel sein können, dass auch in diesen zwei Fällen eine prädisponirende Verwandtschaft thätig ist. Der an-

treibende Körper ist dort aber eine Säure, die starke Schwefelsäure. Diese hat ein grosses Verlangen nach einer Basis und drängt das Eisen, sich in eine solche umzuwandeln, was leicht geschehen kann, wenn das letztere sich mit dem Sauerstoff des Wassers verbindet. Dadurch wird der andere Bestandtheil des Wassers frei und entweicht in luftförmiger Gestalt, im ersten Falle allein, im zweiten in Gemeinschaft mit dem Schwefel, den das Eisen in dem Augenblicke loslässt, wo es sich mit dem ihm mehr zusagenden Sauerstoff verbindet.

164. Verbindungsgesetz. Es nimmt vielleicht Wunder, warum die Schwefelsäure sich nicht unmittelbar mit dem metallischen Eisen oder der Kalk mit dem Phosphor verbindet; dies geschieht deshalb nicht, weil Eisen und Phosphor einfache, Schwefelsäure und Kalk aber zusammengesetzte Körper sind, und einem schon einmal erwähnten Naturgesetze gemäss, einfache Stoffe sich in der Regel nur mit einfachen, zusammengesetzte aber nur mit zusammengesetzten verbinden können. Die zusammengesetzte Schwefelsäure ist daher nicht im Stande, sich mit dem einfachen Eisen zu vereinigen, wohl aber mit dem zusammengesetzten Eisenoxydul. Ebenso wenig kann der zusammengesetzte Kalk mit dem einfachen Phosphor in Verbindung treten; dies geschieht aber sogleich, wenn der Phosphor durch Anziehung von Sauerstoff ebenfalls zu einem zusammengesetzten Körper geworden ist.

165. Wasserbad. Das Einsetzen des Gläschens bei dem eben beschriebenen Versuche in Salzwasser hat zum Zweck, das Anbrennen des Phosphors beim etwaigen Springen des Gläschens zu verhindern. Salzwasser von der angegebenen Stärke kocht erst bei 109°, es entsteht also durch dasselbe ein lebhafteres Kochen in dem Gläschen, als wenn man das letztere in blossem Wasser, welches nur 100° heiss werden kann, erhitzt. Man nennt einen Apparat, in dem man Körper durch heisses Wasser oder heisse Salzlösungen erhitzt, ein Wasser- oder Marienbad. Auf ähnliche Weise werden Extracte abgedampft und Stoffe getrocknet, die bei stärkerer Hitze leicht anbrennen oder sonst verändert werden.

Phosphor und Schwefel zeichnen sich besonders durch ihre grosse Brennbarkeit aus; man kann sie aus diesem Grunde Pyrogene oder Feuererzeuger nennen.

Rückblick auf die Pyrogene

(Schwefel, Selen, Tellur und Phosphor).

1) Einfache Körper verbinden sich in der Regel nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten.

2) Sollen ein Paar Körper chemisch auf einander wirken, so muss gewöhnlich einer von ihnen tropfbar oder gasförmig sein.

3) Wenn Körper plötzlich fest werden, die vorher in einer Flüssigkeit aufgelöst oder als Dampf mit Luft vermengt waren, so erhält man sie als einen zarten, feinen Staub (Schwefelmilch und Schwefelblumen).

4) Alle feinzertheilten und porösen Körper saugen begierig Gasarten ein und verdichten sie in sich; bei manchen geschieht dies mit solcher Kraft, dass die Gase sich innerhalb der Poren chemisch mit einander verbinden (Platinschwamm, Holzkohle, Russ).

5) Eine unvollständige Verbrennung oder Oxydation findet statt, wenn nicht genug Luft (Sauerstoff) vorhanden ist; eine langsame Verbrennung, wenn ein Körper sich bei niedrigerer Temperatur mit Sauerstoff verbindet; eine vollständige und rasche Verbrennung aber, wenn die Verbindung in höherer Temperatur und bei reichlich vorhandener Luft vor sich geht. In den beiden ersten Fällen entstehen niedrigere Oxydationsstufen, in dem letzteren höhere.

6) In der Chemie gilt das Recht des Stärkeren; ein starker chemischer Körper kann einen schwächeren aus seiner Verbindung mit einem anderen austreiben und sich an die Stelle des letzteren setzen. Dies nennt man Zersetzung durch einfache Wahlverwandtschaft.

7) Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft tritt ein, wenn zwei Verbindungen ihre Bestandtheile gegenseitig austauschen.

8) Wird eine einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft

erst durch Hülfe eines dritten Körpers, gewöhnlich durch eine starke Säure oder eine starke Basis, rege gemacht, so nennt man dies eine Zersetzung durch prädisponirende Verwandtschaft.

9) Desoxydiren, der Gegensatz von Oxydiren, heisst: den Sauerstoff aus einer Verbindung hinwegnehmen.

10) Um einen chemischen Stoff zu erkennen und von anderen zu trennen, versetzt man die Lösung desselben mit Reagentien, d. h. mit solchen Stoffen, die damit eine unlösliche Verbindung bilden (Niederschlag), oder die Farbe, den Geruch etc. desselben verändern; Veränderungen solcher Art heissen Reactionserscheinungen.

11) Nur an löslichen Körpern bemerkt man Geschmack, nur an flüchtigen Geruch.

Dritte Gruppe der Nichtmetalle: Halogene.

Chlor (Cl).

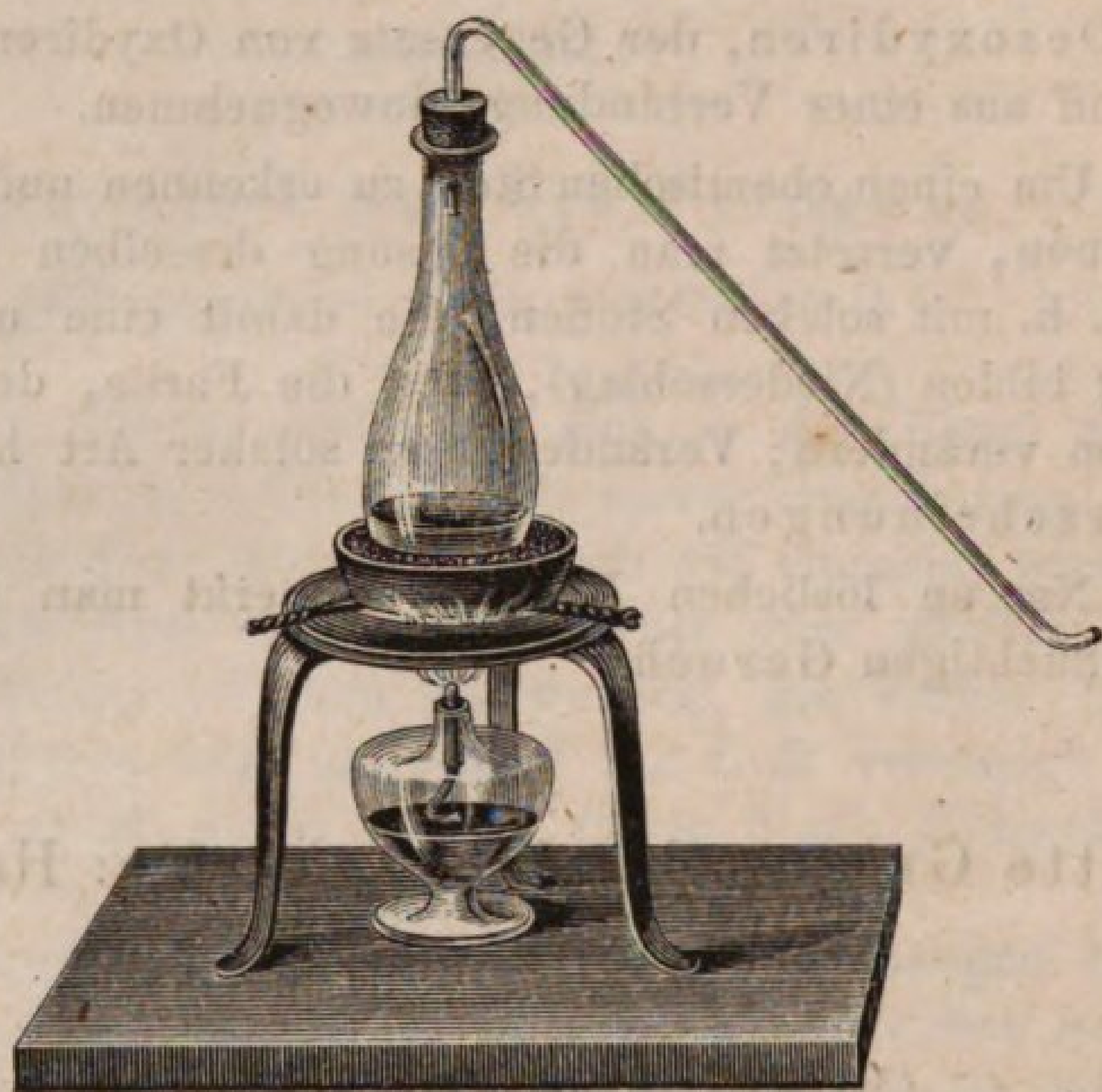
(Aeq.-Gew. = 35,5. — Specif. Gew. = 2,44.)

— 1774 von Scheele entdeckt und „dephlogistisirte Salzsäure" genannt; 1810 von Davy für ein Element erklärt. —

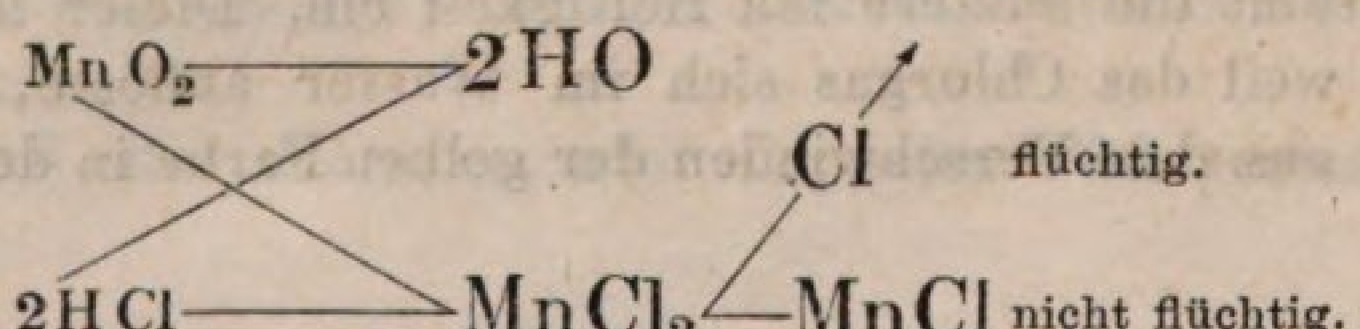
166. Bereitung von Chlor. *Versuch.* 20 Grm. grob gestossenen Braunsteins werden mit 60 Grm. roher Salzsäure übergossen und in einem mit einer gebogenen Glasröhre verbundenen Kochfläschchen (Fig. 90 a. f. S.) langsam erhitzt: es entweicht ein gelbgrünes Gas, das auf die bekannte Weise aufgefangen wird. Dieses Gas heisst Chlor, weil es eine grünliche Farbe hat (das griechische Wort chloros bedeutet gelbgrün). Man füllt mehre weisse Gläser von etwa 200 C.C. Inhalt damit an und verstöpselt sie. Ausserdem lässt man ein Glas nur zu $^2/_3$ sich mit Gas füllen und schüttelt es mit dem zurückgebliebenen $^1/_3$ Wasser: das Glas bleibt an dem die Oeffnung verschliessenden Finger hängen, ein Beweis, dass innen ein luftverdünnter Raum entstanden ist, den die äussere Luft auszufüllen strebt. Entfernt man den Finger, so strömt die letztere mit Heftigkeit ein. Dieser leere Raum entstand, weil das Chlorgas sich im Wasser auflöste, wie man dies auch aus dem Verschwinden der gelben Farbe in dem oberen

Theile des Gläschens schliessen kann. 1 Maass Wasser kann bei 12^0 C. $2^1/_2$ Maass Chlor auflösen; die Auflösung heisst **Chlorwasser**.

Fig. 90.



Vorgang bei der Chlorbereitung. Die Salzsäure, die man sich allgemein aus dem Kochsalze darstellt, ist eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff und gehört zu der Reihe der Wasserstoffsäuren; nimmt man ihr den Wasserstoff weg, so muss das Chlor frei werden. Dies geschieht auf folgende Weise. Wenn Salzsäure mit Braunstein (Mangansuperoxyd, MnO_2) zusammengebracht wird, so entzieht der Sauerstoff des Braunsteins der Salzsäure ihren Wasserstoff und es entsteht **Wasser**, zugleich aber auch aus dem in Freiheit gesetzten Mangan und Chlor **Mangansuperchlorür** ($MnCl_2$). Das Mangansuperchlorür verliert aber schon durch ganz gelindes Erwärmen die Hälfte seines Chlors, ähnlich, nur weit leichter, wie aus dem Mangansuperoxyd (Braunstein) beim Glühen ein Theil des Sauerstoffs entweicht. Aus Mangansuperchlorür entsteht demnach Manganchlorür (Mn Cl) und freies Chlor, welches letztere als gelbes Gas entweicht



167. Status nascens. Treibt man den Sauerstoff vorher durch Glühen aus dem Braunstein aus und leitet ihn sodann in Salzsäure, so hat er die Kraft nicht mehr, der letzteren ihren Wasserstoff zu entziehen; man erhält kein Chlor. Nur der neugeborne Sauerstoff hat diese Kraft in dem Augenblicke, in welchem er aus einer anderen Verbindung ausgeschieden wird; ist er einmal frei, so hat er viel weniger Neigung, seine Freiheit wieder aufzugeben. Man nennt den ersteren: Sauerstoff in statu nascenti. Diese Eigenthümlichkeit zeigen alle anderen Elemente, und sie wird sehr oft benutzt, um freiheitliebende Körper, d. h. solche, die nur eine schwache Verwandtschaft zu anderen zeigen, zu Verbindungen zu nöthigen, die man auf directem Wege nicht hervorbringen kann.

168. Chlor aus Kochsalz. Die Salzsäure erhält ihr Chlor aus dem Kochsalze, welches zur reichlichen Hälfte aus Chlor besteht. Man kann dieses Gas daher auch aus Kochsalz darstellen, wenn man 1 Thl. davon mit 1 Thl. Braunstein, 2 Thln. Schwefelsäure und 2 Thln. Wasser mengt und erwärmt; die Schwefelsäure entwickelt aus dem Kochsalze Salzsäure, und diese wird auf die schon angegebene Weise durch den Braunstein zerlegt. Wie durch Braunstein, so erhält man auch durch alle anderen Körper, welche leicht Sauerstoff abgeben, z. B. durch chromsaures Kali, Mennige, Salpetersäure u. s. w., Chlorgas, wenn man sie mit Salzsäure oder mit Kochsalz und Schwefelsäure erwärmt.

Versuche mit Chlorgas und Chlorwasser.

169. Eigenschaften des Chlors. Das Chlor wirkt giftig, wenn man es einathmet; man muss sich daher bei seiner Bereitung und bei den Versuchen mit Chlorgas sehr in Acht nehmen, es einzuschlucken. Zu grösserer Sicherheit giesst man einige Tropfen Weingeist und Salmiakgeist (Ammoniak) auf ein Tuch und wedelt mit diesem öfters durch die Luft; das in der letzteren enthaltene Chlor wird dann so verändert, dass es seine Schädlichkeit verliert.

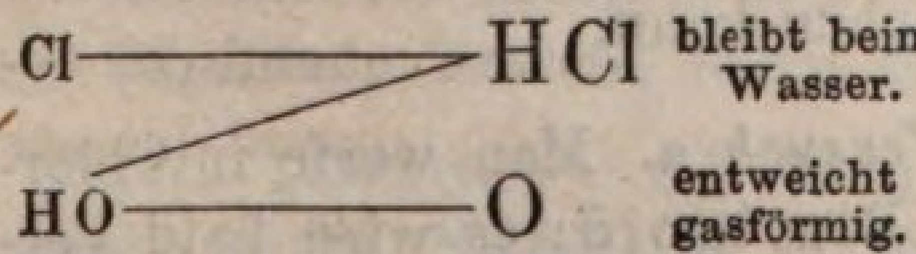
Um den Geruch des Chlors wahrzunehmen, rieche man vorsichtig an dem Chlorwasser (nicht an dem Chlorgas); das Chlor-

wasser kann auch ohne Gefahr gekostet werden. Der Geruch des Chlors ist eigenthümlich stechend und erstickend, sein Geschmack herbe und schrumpfend. Stellt man an einem luftigen Orte ein Gläschen mit Chlorgas offen an die Luft, so bemerkt man kein Verschwinden desselben; kehrt man das Gläschen aber um, so wird es in kurzer Zeit nur noch atmosphärische Luft enthalten. Das Chlorgas ist beinahe $2\frac{1}{2}$ mal schwerer als gewöhnliche Luft.

170. Bleichkraft des Chlors. *Versuch.* Man werfe ein Stückchen Lackmuspapier in Chlorgas: es wird weiss; man giesse zu etwas Rothwein oder Tinte Chlorwasser: beide Flüssigkeiten verlieren ihre Farbe. Das Chlor bleicht und zerstört alle Farben, die aus dem Pflanzen- oder Thierreiche abstammen. In Folge dieser Eigenschaft ist das Chlor zum wichtigsten Bleichmittel geworden, mit dem man jetzt in wenigen Stunden Leinwand, Baumwolle, Papier u. a. Stoffe zur blendendsten Weisse bringen kann, zu deren Bleichung man Wochen, ja Monate brauchen würde, wenn man sie nach der gewöhnlichen Weise auf Rasen an die Sonne legte. Man nennt diese Bleichmethode Schnell- oder Fixbleiche (die ältere Rasenbleiche). Sie ist ganz vortrefflich und schadet der Haltbarkeit der Zeuge nicht im Mindesten, wenn man nur dafür sorgt, dass alles Chlor nach dem Bleichen vollständig wieder weggeschafft wird, was indess nicht so leicht geht, als manche Bleicher glauben. Beobachtet man diese Vorsicht nicht, oder wendet man zu viel oder zu starkes Chlorwasser an, so wird freilich, nachdem die Farbe zerstört ist, auch die Faser des Garnes oder Gewebes selbst angegriffen und zerstört. Die Schuld ist dann aber nicht sowohl dem Chlor, sondern vielmehr der unverständigen Anwendung desselben zuzuschreiben. In dem unterschwefligsauren Natron (Antichlor) hat man ein Salz, durch welches sich das in den gebleichten Stoffen etwa noch vorhandene Chlor aufs Vollständigste unschädlich machen lässt. Das Bleichen geschieht jetzt nur noch selten mit Chlorgas selbst oder mit Chlorwasser, wobei die Gesundheit der Arbeiter zu sehr gefährdet ist, sondern mit Chlorkalk, einem Salze, in dem das Chlor chemisch gebunden ist, aus dem es aber sehr leicht, schon durch blosses Stehen an der Luft, wieder frei gemacht werden kann.

171. Desinficirende Kraft des Chlors. *Versuch.* Man setze zu faulenden und stinkenden Stoffen (Wasser aus Blumenvasen, Mistjauche, faulen Eiern etc.) Chlorwasser: der unangenehme Geruch wird sogleich aufs Vollständigste verschwinden. Das Chlor zersetzt, wie die Farben, so auch die flüchtigen Verbindungen, die sich bei der Fäulniss bilden und den bekannten unangenehmen Geruch veranlassen. Ebenso wirkt es auch auf die Krankheitsstoffe (Miasmen und Contagien), die sich bei vielen Krankheiten in der Luft ausbreiten, oder an Kleidern und Betten festhaften und ansteckend auf andere Personen wirken. Man hat daher in dem Chlor ein kräftiges Desinfectionsmittel, um dadurch Krankheits- oder faulige Stoffe, verpestete Luft etc. wieder zu reinigen, und um das Weiterfaulen organischer Körper zu verhindern. Dumpfige Fässer werden wieder rein, wenn man sie mit Chlorwasser und zuletzt mit etwas Kalkmilch ausspült. Moderige Keller und Gewölbe, in denen sich Milch oder Bier nicht mehr hält, ohne umzuschlagen, werden wieder auf lange Zeit brauchbar durch Räucherung mit Chlorgas oder durch Auspinseln mit Chlorkalkauflösung.

172. Chlorwasser im Licht. *Versuch.* Ein kleines, weisses Gläschen wird mit Chlorwasser gefüllt und verkehrt in eine mit Wasser gefüllte Tasse gestellt: es bleibt an einem dunklen Orte unverändert. Stellt man dasselbe aber in die Sonne, so sammelt sich in dem oberen Theile des Gläschens eine farblose Luftart an, in der sich ein glimmender Holzspan entzündet; diese Luftart ist Sauerstoff. Nach einigen Tagen hat das Wasser den Chlorgeruch verloren, es schmeckt sauer und blaues Lackmuspapier wird darin nicht mehr weiss, sondern roth. Es waren nur drei Elemente vorhanden: die Bestandtheile des Wassers und Chlor, es ist klar, das Chlor hat sich mit dem Wasserstoff des Wassers zu Salzsäure verbunden, der Sauerstoff des Wassers aber ist frei geworden. Das Chlor hatte hier die Wahl zwischen dem Wasserstoff und Sauerstoff des Wassers; es wählte den ersteren, woraus erhellt, dass es eine grössere Verwandtschaft zum Wasserstoff als zum Sauerstoff besitzt. Dieser Vorgang ist wieder ein Beispiel einer einfachen Wahlver-



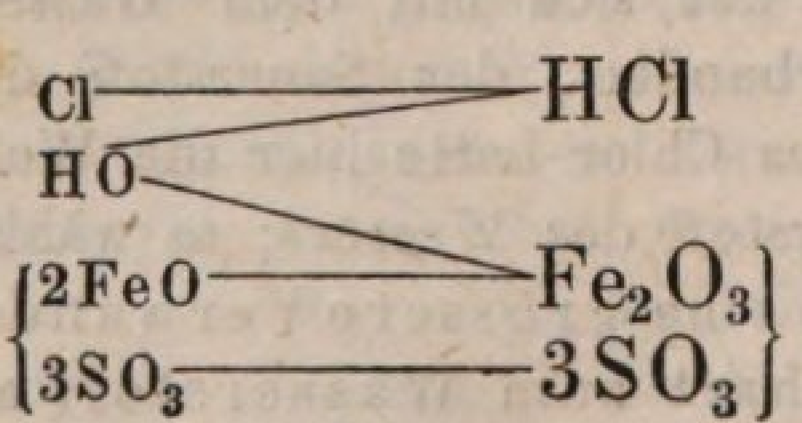
wandtschaft. Man schützt die Flaschen, in denen Chlorwasser aufbewahrt wird, am einfachsten vor der Zersetzung durch das Licht durch Bekleben mit schwarzem Papier.

Aus der starken Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff lassen sich jetzt die bleichenden und desinficirenden Wirkungen desselben leicht erklären. Alle Pflanzen- und Thierstoffe enthalten Wasserstoff, dieser wird ihnen durch das Chlor weggenommen. Fällt aber eine einzige chemische Säule, so stürzt das ganze chemische Gebäude nach. Durch Entziehung des Wasserstoffs entstehen aus gefärbten Stoffen farblose, aus riechenden geruchlose, aus Krankheitsstoffen unschädliche, aus unlöslichen Stoffen sehr häufig lösliche etc.

173. Chlor als Oxydationsmittel. *Versuch.* In einem Probirgläschen löse man ein wenig Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) in Wasser auf und versetze die Auflösung mit einigen Tropfen Schwefelsäure, sodann mit etwas Chlorwasser: sie wird alsbald eine gelbe Farbe annehmen. Auch hierbei wird Wasser zersetzt; der Wasserstoff geht ans Chlor, der Sauerstoff aber wird nicht frei, weil er einen Körper antrifft, der zwar schon Sauerstoff hat, aber noch mehr davon aufnehmen kann, nämlich das Eisenoxydul. Dieses wird höher oxydirt, und die gelbe Flüssigkeit enthält nun schwefelsaures Oxyd. Man hat also in dem Chlorwasser ein starkes Oxydationsmittel, durch welches man leicht aus Oxydulsalzen Oxydsalze machen kann.

Fig. 91.





174. Metalle und Chlor. *Versuch* a. Man werfe in Chlorwasser ein Blättchen von echtem Blattgold: es wird bald ver-

schwinden, weil das einfache Chlor sich mit dem einfachen Gold verbindet. Die Verbindung heisst Chlorgold; sie ist im Wasser aufgelöst. Das Chlor hat eine sehr grosse Neigung, sich mit den Metallen zu verbinden. Diese Verbindungen verhalten sich ganz wie Salze; man nennt sie Chlormetalle; die meisten derselben sind in Wasser löslich.

Versuch b. In eine mit Chlorgas gefüllte Flasche schütte man ein wenig zu Pulver zerriebenes Antimonmetall: dasselbe wird während des Herabfallens glühend und bildet einen Feuerregen. Das Feuer entsteht durch die heftige Verbindung des Chlors mit dem Antimon. Der weisse Rauch, der das Fläschchen anfüllt, ist die neu entstandene Verbindung, Chlorantimon.

Versuch c. Man flechte feinen Messingdraht, z. B. eine Claviersaite, zu einem längeren Büschel zusammen, drücke an das untere Ende einige Blätter von unechtem Blattgold (Goldschaum) fest und senke denselben in eine mit Chlorgas gefüllte Flasche: es tritt hier gleichfalls ein lebhaftes Erglühen ein und der Draht verbrennt unter Funkensprühen. Verbrennen heisst in diesem Falle so viel, als: sich mit Chlor verbinden. Messing besteht aus Zink und Kupfer, es bilden sich demnach Chlorzink und Chlorkupfer. Beide lösen sich in hinzugegossenem Wasser auf und das Chlorkupfer ertheilt der Auflösung eine blaugrüne Farbe.

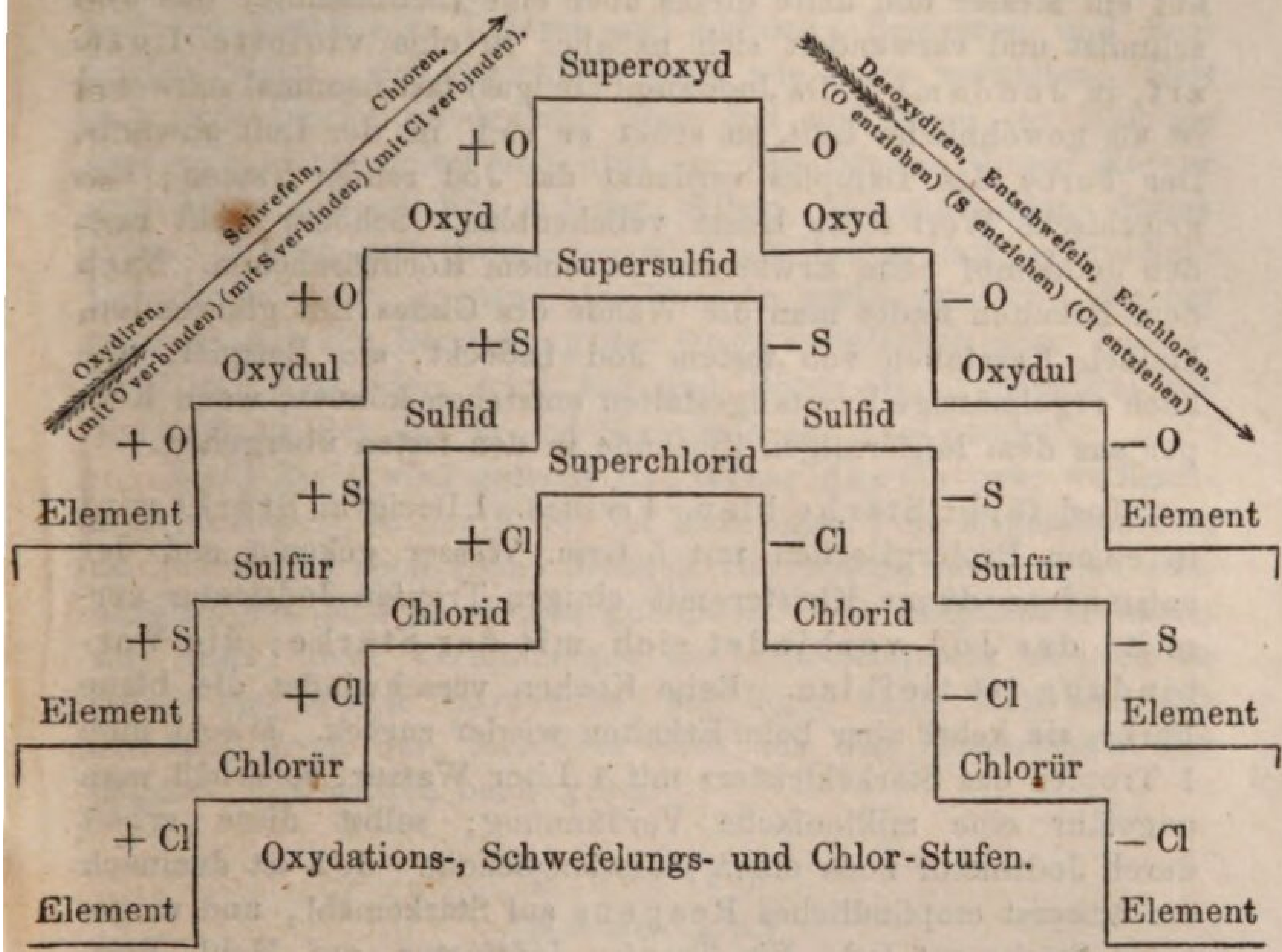
175. Eisen ist stärker als Kupfer. *Versuch.* Man lege in die Flüssigkeit vom vorigen Versuche eine blanke Messerklinge: sie wird sich nach kurzer Zeit mit einer Haut von rothem Kupfermetall überziehen, während die Flüssigkeit ihre Farbe verliert. Das Eisen besitzt eine noch grössere Verwandtschaft zum Chlor als das Kupfer, und da in der Chemie immer das Recht des Stärkeren gilt, so zieht es das Chlor an sich und das Kupfer setzt sich in metallischer Gestalt ab. Man benutzt diese Methode häufig, um ein Metall aus seiner Auflösung durch ein anderes niederzuschlagen. Blankes Eisen ist sonach ein Reagens auf Kupfer, und wir können durch eine blanke Messerklinge sehr einfach und genau ermitteln, ob in sauren Gurken oder Pflaumenmus Kupfer sei, welches bei sorgloser Bereitung aus den kupfernen Kesseln leicht in dieselben gelangen kann.

176. Natrium und Chlor. *Versuch.* Wird ein erbsengrosses Stück Natrium in eine Tasse geworfen, in der sich

Chlorwasser befindet, so fährt es auf letzterem, ähnlich wie auf gewöhnlichem Wasser, mit zischendem Geräusche herum und verschwindet endlich; die Flüssigkeit reagirt aber nachher, vorausgesetzt, dass genug Chlor zugegen war, nicht basisch, wie bei Versuch 85, und schmeckt auch nicht laugenhaft, sondern salzig. Lässt man sie auf einem warmen Ofen allmälig verdunsten, so bleiben kleine würfelförmige Krystalle zurück, deren Bestandtheile Chlor und Natrium sind. Es hat sich also aus diesen beiden Elementen ein Salz gebildet, Chlornatrium, das allgemein bekannte Kochsalz.

177. Chlorstufen. Das Chlor kommt auch noch darin mit dem Sauerstoff und Schwefel überein, dass es sich, wie diese, in verschiedenen Verhältnissen mit anderen Elementen vereinigen kann. Es giebt also auch Chlorstufen, ebenso wie Oxydations- und Schwefelungsstufen. Für jede Sauerstoffverbindung eines Metalls giebt es in der Regel auch eine Schwefel- und eine Chlorverbindung desselben. Die Verbindungen mit der geringeren Menge Chlor heissen Chlorüre und entsprechen den Oxydulen und Sulfüren, die mit der grösseren Menge Chloride und entsprechen den Oxyden und Sulfiden. Noch höhere Chlorverbindungen führen den Namen Superchlorüre und Superchloride. Das folgende Schema wird jetzt von selbst verständlich sein.

Fig. 92.



Jod (J).

(Aeq.-Gew. = 127. Specif. Gew. = 5.)

— 1811 von Courtois in der Asche von Strandpflanzen entdeckt; von Gay-Lussac als Element erkannt. —

178. Das Jod ist ein dem Reissblei sehr ähnlicher, fester Körper, der chlorartig riecht, scharf schmeckt und die Finger beim Anfassen braun färbt (Vorkommen 179).

Jodtinctur. *Versuch.* 1 Grm. Jod wird in einem Gläschen mit 10 Grm. starkem Weingeist übergossen; war das Jod rein, so löst es sich vollständig auf. Die dunkelbraune Auflösung heisst Jodtinctur. Wasser löst nur eine Spur davon auf, es erlangt aber doch dadurch eine gelbe Farbe und einen schrumpfenden Geschmack.

Joddampf. *Versuch.* Man streue einige Krümchen Jod auf ein Messer und halte dieses über eine Lichtflamme: das Jod schmilzt und verwandelt sich nachher in eine violette Luftart, in Joddampf. Da Joddampf (Jodgas) fast neunmal schwerer ist als gewöhnliche Luft, so senkt er sich in der Luft abwärts. Der Farbe des Dampfes verdankt das Jod seinen Namen; das griechische Wort iodes heisst veilchenblau. Schöner sieht man den Joddampf beim Erwärmen in einem Kochfläschchen. Nach dem Erkalten findet man die Wände des Glases mit glänzenden, kleinen Krystallen von festem Jod bedeckt, ein Beispiel, wie auch regelmässige Krystallgestalten entstehen können, wenn Körper aus dem luftförmigen Zustande in den festen übergehen.

Jod färbt Stärke blau. *Versuch.* 1 Decigrm. Stärke wird in einem Probirgläschen mit 5 Grm. Wasser gekocht und der entstandene dünne Kleister mit einigen Tropfen Jodtinctur versetzt: das Jod verbindet sich mit der Stärke; die Verbindung ist tiefblau. Beim Kochen verschwindet die blaue Farbe, sie kehrt aber beim Erkalten wieder zurück. Mischt man 1 Tropfen des Stärkekleisters mit 1 Liter Wasser, so erhält man ungefähr eine millionfache Verdünnung; selbst diese erhält durch Jodtinctur noch einen violetten Schein. Jod ist demnach ein äusserst empfindliches Reagens auf Stärkemehl, und umgekehrt Stärke auf Jod. Ein Tropfen Jodtinctur, auf Mehl, Brot, Kartoffeln u. s. w. getröpfelt, zeigt uns sofort an, dass sich Stärke in diesen Körpern befindet (Jodstärkepapier 160).

Brom (Br).

(Aeq.-Gew. = 80. — Specif. Gew. = 3.)

— 1826 von Balard im Meerwasser entdeckt. —

179. Das Brom kommt als eine dunkelbraunrothe, schwere, sehr flüchtige Flüssigkeit vor. Bromos bedeutet im Griechischen übler Geruch; diesen Namen erhielt das in Rede stehende Element, weil es sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in einen gelbrothen Dampf verwandelt, der durchdringend unangenehm, chlorähnlich riecht. Stärke wird davon gelb gefärbt.

Jod und Brom. Jod und Brom haben in ihrem Verhalten gegen andere Körper die grösste Aehnlichkeit mit dem

Chlor. Sie besitzen wie dieses eine sehr starke Affinität zum Wasserstoff und bilden damit Säuren; sie vereinigen sich auch mit den Metallen zu Jodüren und Jodiden, Bromüren und Bromiden, welche sich gleichfalls ganz wie Salze verhalten. Hält man eine blanke Silberplatte über Jod und Brom, so läuft sie erst gelb, dann violett und blau an; die Dämpfe dieser Körper vereinigen sich nämlich mit dem Silber. Die entstandene dünne Haut von Jod- und Bromsilber wird im Lichte fast augenblicklich, im Schatten langsam, im Dunkeln nicht zersetzt. Hierauf gründet sich die Darstellung der Daguerre'schen oder Lichtbilder. Ausserdem wird Jod und Brom als Arzneimittel zur Vertreibung der Kröpfe und Skropheln etc. angewendet.

Beide Stoffe sind getreue Begleiter des Chlors; wo Kochsalz vorkommt, in der Erde, im Meerwasser, in Mineralquellen, da finden sich auch kleine Mengen von ihnen, aber nicht frei, sondern ebenfalls an Metalle gebunden. Die Seepflanzen haben die Kraft, diese Verbindungen aus dem Seewasser an sich zu ziehen und in sich festzuhalten; aus ihnen stellt man sich das Jod und Brom dar, Letzteres auch aus den Mutterlaugen der Salinen. Sie wirken beide giftig.

Fluor (Fl).

(Aeq.-Gew. = 19.)

180. Die Eigenschaften des Fluors in freiem Zustande sind zwar noch unbekannt, da eine Isolirung desselben bis jetzt noch nicht vollkommen gelungen ist; aus seinen Verbindungen geht jedoch hervor, dass es ein dem Chlor sehr ähnliches Element ist. Mit Wasserstoff verbunden stellt es die starke, Glas ätzende und Kieselerde lösende Flusssäure dar; mit Calcium das bekannte, in Würfeln krystallisirende Mineral Flussspath; mit Aluminium und Natrium den Kryolith u. a.

Cyan (Cy oder C_2N).

(Aeq.-Gew. = 26. — Specif. Gew. = 1,8.)

— 1815 von Gay-Lussac entdeckt und für ein „zusammengesetztes Radical" erklärt. —

181. In dem als Malerfarbe allgemein bekannten Berlinerblau hat man als Bestandtheile: Eisen, Kohlenstoff und Stick-

stoff aufgefunden. Die beiden letzten Stoffe aber sind so innig mit einander verbunden, dass man sie für eins halten möchte. Das Auffallendste an dieser Verbindung ist: dass sie sich, obgleich zusammengesetzt, doch mit anderen Elementen verbinden kann, gerade so, als ob sie selbst ein Element wäre. Aus diesem Grunde steht sie auch hier unter dem Namen Cyan in der Reihe der Elemente. Im Cyan haben wir also eine Ausnahme von dem früher aufgeführten Gesetze, nach welchem sich einfache Körper nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten chemisch vereinigen können. Gegen andere Körper verhält sich das Cyan dem Chlor, Jod, Brom und Fluor überaus ähnlich: es ist gasförmig, es giebt wie diese mit Wasserstoff eine Säure, die schnell tödtende Blausäure, und vereinigt sich wie diese mit Metallen zu Cyanüren und Cyaniden. Die Cyanmetalle gleichen ebenfalls den Salzen. Die Verbindung des Cyans mit dem Eisen sieht, wie schon erwähnt, schön blau aus; hieraus erklärt sich der Name Cyan; Kyanos bedeutet im Griechischen blau.

182. Halogene. Die fünf Nichtmetalle: Chlor, Jod, Brom, Fluor und Cyan, zeichnen sich dadurch aus:

1) Dass sie zum Wasserstoff eine viel grössere Verwandtschaft haben als zum Sauerstoff. Mit dem letzteren verbinden sie sich nur gezwungen (Sauerstoffsäuren).
2) Dass sie durch die Verbindung mit dem Wasserstoff zu Säuren werden (Wasserstoffsäuren).
3) Dass ihre Verbindungen mit den Metallen Salze sind. Man nennt diese Salze Haloidsalze, zum Unterschiede von den gewöhnlichen oder Sauerstoffsalzen, die aus einer Sauerstoffsäure und einer Basis bestehen.

Der letztgedachten Eigenschaft wegen hat man diesen fünf Elementen den Namen Halogene oder Salzbilder gegeben.

Rückblick auf die Halogene.

(Chlor, Jod, Brom, Fluor und Cyan.)

1) Krystalle können sich bilden: 1. aus einer Auflösung, entweder durch Abkühlung (Salpeter), oder Verdunstung (Koch-

salz); 2. aus einer geschmolzenen Flüssigkeit beim Erstarren (Schwefel), und 3. aus Dämpfen, wenn diese durch Abkühlung sogleich fest werden (Schnee, Jod).

2) Den krystallisirten oder regelmässig gestalteten Körpern gegenüber stehen die amorphen, an denen eine bestimmte Gestalt nicht zu bemerken ist (glasartige und pulverige Körper). Manche Körper können zwei oder noch mehre verschiedene Gestalten annehmen; sie heissen dann dimorph oder polymorph (Kohle, Schwefel).

3) Das Wasser kann nicht nur feste Körper, sondern auch gasförmige, z. B. Chlor, Schwefelwasserstoff etc., auflösen, und zwar löst es um so mehr davon auf, je kälter es ist.

4) Wie die Wärme, so kann auch das Licht chemische Verbindungen bewirken oder aufheben.

5) Ein Körper hat in dem Augenblicke, wo er aus einer Verbindung ausgeschieden wird (in statu nascenti), die grösste Neigung zu neuen Verbindungen.

6) Es giebt ausnahmsweise auch zusammengesetzte Körper, die sich mit einfachen gerade so verbinden können, als ob sie chemische Elemente wären (Cyan).

Vierte Gruppe der Nichtmetalle: Hyalogene.

Bor (B).

(Aeq.-Gew. = 11.)

— 1808 von Thénard und Gay-Lussac nachgewiesen. —

Kiesel oder Silicium (Si).

(Aeq.-Gew. = 14.)

— 1824 von Berzelius rein dargestellt. —

183. Bor und Kiesel. Diese beiden Stoffe kommen nur oxydirt in der Natur vor, das Bor selten, z. B. in der Bor- oder Boraxsäure und dem Borax, der Kiesel überaus häufig, z. B. in Sand und Quarz und fast in allen übrigen Gesteinen. Der Kiesel wird auch Silicium, vom lateinischen Silex = Kieselstein, genannt, daher sein Zeichen Si. Beide Elemente sind sehr schwierig aus ihren Verbindungen abzuscheiden und können dann so-

wohl in amorphem Zustande, als braune, glanzlose Pulver, als auch in krystallisirtem Zustande, als metallglänzende Blätter oder diamantähnliche Octaëder, auftreten. Mit Sauerstoff verbunden, als Borsäure und Kieselsäure, geben sie mit vielen Basen amorphe, glasähnliche Salze (Glas, Schlacke, Glasur), man kann das Bor und den Kiesel aus diesem Grunde Hyalogene oder Glaserzeuger nennen.

Rückblick auf die Nichtmetalle oder Metalloide.

1) Die bisher besprochenen 14 Stoffe werden Nichtmetalle oder Metalloide genannt, weil ihnen (doch nicht ohne Ausnahme) das metallische Ansehen abgeht.

2) Wärme und Elektricität gehen in ihnen nur äusserst langsam von einem Theilchen auf das andere über; sie sind (das krystallisirte Silicium ausgenommen) schlechte Leiter für Wärme und Elektricität. In den Metallen geschieht das Gegentheil; diese sind sehr gute Leiter.

3) Bei Zersetzungen durch galvanische Elektricität werden die Nichtmetalle immer an dem positiven Pole (an der Zinkseite), die Metalle an dem negativen Pole (an der Kupferseite) abgeschieden. Da nun der positive Pol nur die mit der entgegengesetzten Elektricität, der negativen, begabten Körper anzieht, der negative Pol aber nur die mit positiver Elektricität begabten, so nennt man die Nichtmetalle elektronegative Körper, die Metalle elektropositive.

4) Die Nichtmetalle können sich fast alle mit dem Wasserstoff verbinden, die Metalle in der Regel nicht. Einige dieser Wasserstoffverbindungen haben saure Eigenschaften (Wasserstoffsäuren).

5) In gleicher Weise verbinden die Nichtmetalle sich auch mit dem Sauerstoff, und zwar zu sauren Oxyden oder Sauerstoffsäuren. Die Metalle verbinden sich zwar auch mit dem Sauerstoff, meistens aber zu basischen Oxyden oder Basen.

6) Dem Aggregatzustande nach sind bei gewöhnlicher Temperatur

8 Nichtmetalle fest: C, S, P, Se, Te, J, B, Si.
1 „ flüssig: Br.
5 „ gasförmig: O, H, N, Cl, (Cy).

7) Nach den Aehnlichkeiten, welche die Nichtmetalle untereinander haben, lassen sich aus ihnen vier Familien oder Gruppen bilden:

1. Gruppe. Organogene, Thier- und Pflanzenerzeuger: O, H, N, C.
2. „ Pyrogene, Feuererzeuger: S, P, Se, Te.
3. „ Halogene, Salzerzeuger: Cl, J, Br, Fl, (Cy).
4. „ Hyalogene, Glaserzeuger: B, Si.

8) Manche Chemiker rechnen noch das Arsen und Antimon zu den Metalloiden, weil sie mannigfache Aehnlichkeit mit diesen, insbesondere mit dem Phosphor, haben: hier werden diese noch den Metallen beigezählt.

Säuren.

Erste Gruppe: Sauerstoffsäuren
oder
Verbindungen der Nichtmetalle mit Sauerstoff.

Stickstoff und Sauerstoff.

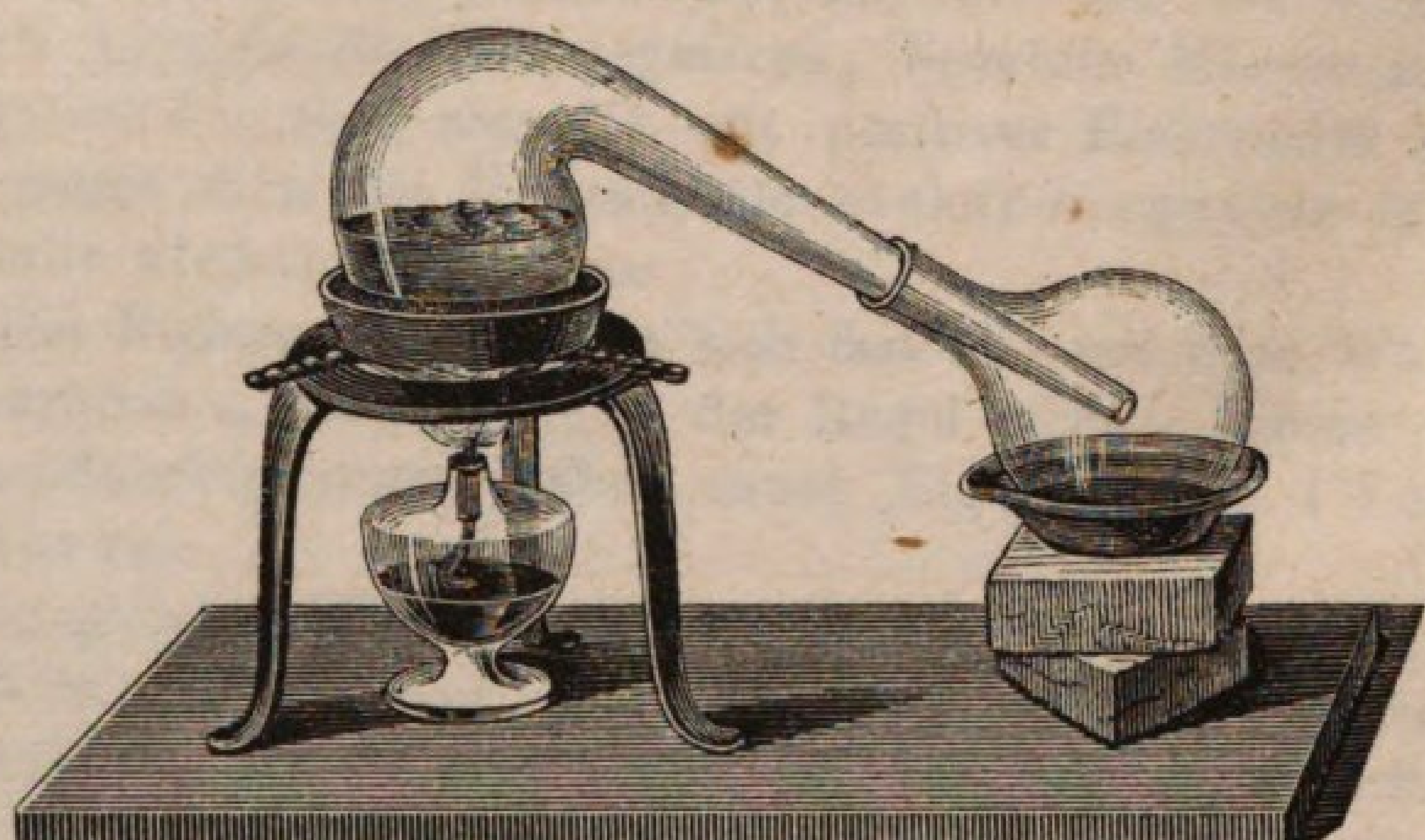
1. Salpetersäure oder Scheidewasser (HO, NO_5).

(Aeq.-Gew. = 63.)

— Lange bekannt; Zusammensetzung 1784 von Cavendish erkannt. —

184. Bereitung. *Versuch.* In eine kleine Retorte bringe man 20 Grm. gestossenen Salpeter, giesse 20 Grm. englische Schwefelsäure darauf und lasse die Retorte einige Zeit auf-

Fig. 93.



recht stehen, damit die im Halse derselben hängen gebliebene Schwefelsäure sich möglichst herabziehe. Dann umgebe man die letztere in einem eisernen Schälchen mit Sand, lege einen Kolben vor, umwickle die zwischen der Retorte und dem Kolben

gebliebenen Fugen mit einigen Streifen nassgemachten Fliesspapiers und erhitze gelinde. In der Vorlage, die in einer mit Wasser gefüllten Schüssel liegt und öfters mit kaltem Wasser begossen wird, sammelt sich eine gelbliche, rauchende Flüssigkeit an, die schwerer ist als Wasser: sie heisst Salpetersäure.

Der Salpeter ist ein Salz, welches aus Salpetersäure und einer Basis besteht. Die Basis heisst Kaliumoxyd oder kurzweg Kali und wird mit KO bezeichnet. Die Schwefelsäure ist stärker als die Salpetersäure, d. h. sie hat eine grössere Affinität zum Kali als die letztere, sie vertreibt daher die Salpetersäure, welche durch die angewendete Hitze in Dampf verwandelt, durch die Abkühlung in der Vorlage aber wieder zu einer Flüssigkeit verdichtet wird. Eigentlich würden schon 10 Grm. Schwefelsäure hinreichen, um alle Salpetersäure auszutreiben; der Process geht aber viel leichter und ohne Bildung von rauchender Salpetersäure (191) von Statten, wenn man die doppelte Menge davon anwendet. Hierin liegt der Grund, warum der salzige Rückstand in der Retorte noch sehr sauer reagirt; er wird saures schwefelsaures Kali genannt. Wendet man nur die Hälfte Schwefelsäure an, so bleibt neutrales schwefelsaures Kali zurück.

KO, NO_5 → HO, NO_5 flüchtig.

$2(HO, SO_3)$ → $KO, HO, 2SO_3$ nicht flüchtig.

185. Bestandtheile der Salpetersäure. Die Salpetersäure hat dieselben Bestandtheile wie die gewöhnliche Luft, aber in einem anderen Mengenverhältnisse. Die Luft enthält auf 4 Maass Stickstoff 1 Maass Sauerstoff, die Salpetersäure dagegen 10 mal so viel von letzterem, also auf 4 Maass Stickstoff 10 Maass Sauerstoff oder, was dasselbe ist, auf 2 Maass N (1 Aeq.) 5 Maass O (5 Aeq.). In der Luft sind diese beiden Gase nur mechanisch mit einander gemengt, in der Salpetersäure dagegen sind sie chemisch verbunden. Es ist dies ein auffallendes Beispiel davon, wie ausserordentlich die Eigenschaften der Körper sich verändern, wenn sich diese chemisch mit einander verbinden. Mechanisch mit einander gemengt, bilden die Bestandtheile der Salpetersäure eine belebende Luftart, chemisch vereinigt eine der schärfsten Flüssigkeiten.

Man könnte vielleicht meinen, dass sich die Salpetersäure auf eine einfachere Weise unmittelbar aus der Luft darstellen lassen müsse; dies geht jedoch um deswillen nicht, weil der träge Stickstoff sich nicht von freien Stücken zu einer Verbindung mit dem Sauerstoff bequemt; diese Verbindung lässt sich nur auf Umwegen, die erst später angegeben werden können, erreichen.

Die stärkste Salpetersäure (specif. Gew. 1,52) enthält in 100 Thln. noch 14,3 Thle. Wasser oder auf 1 Aeq. Säure 1 Aeq. Wasser, ohne das sie nicht wohl bestehen kann; sie ist daher als Salpetersäurehydrat zu bezeichnen. Entzieht man ihr das Wasser, z. B. durch concentrirte Schwefelsäure, so zerfällt sie in Sauerstoff und gelbrothe Dämpfe; aus gleichem Grunde wird sie im Sonnenlicht gelb. Aehnlich verhalten sich viele andere Körper, besonders organische. Man nennt solches Wasser Constitutionswasser, um dadurch anzudeuten, dass es zur Constitution, zur Existenz der betreffenden Körper, unerlässlich nothwendig ist. Das Krystallwasser ist nur zum Bestehen der Form oder Gestalt der Körper nothwendig. Die rohe im Handel vorkommende Salpetersäure, die man in Fabriken gewöhnlich in grossen eisernen Cylindern bereitet, enthält in 100 Thln. gegen 50 Thle. Wasser (specif. Gew. 1,36), ist also bedeutend schwächer als die obige. Dieselbe ist auch meist durch Chlor, Schwefelsäure und Untersalpetersäure u. a. verunreinigt.

Neuerdings ist es jedoch gelungen, wasserfreie Salpetersäure (Salpetersäure-Anhydrid = NO_5, Aeq.-Gew. = 54) darzustellen. Dieselbe bildet farblose Säulen, die bald zerfliessen und sich noch leichter (häufig unter Explosion) zersetzen, als das Salpetersäurehydrat.

Versuche mit Salpetersäure.

186. Neutralisation. *Versuch* a. Ein Tropfen Salpetersäure reicht hin, um mehre Esslöffel voll Wasser sauer zu machen; blaues Probirpapier wird selbst bei noch stärkerer Verdünnung davon in rothes umgeändert: die Salpetersäure charakterisirt sich also deutlich als eine Säure, und zwar als eine sehr starke. Als Gegensatz der Säuren mag der bekannte Salmiakgeist, richtiger Ammoniak genannt, dienen. Dieser schmeckt laugenhaft, ändert blaues Probirpapier nicht, wohl aber

macht er rothes blau: er trägt den Charakter einer **Basis**. Auffallend ist ausserdem der äusserst stechende Geruch desselben. Diese beiden Flüssigkeiten bringe man nun in der Weise zusammen, dass man zu 20 Grm. Salpetersäure und 20 Grm. Wasser in kleinen Portionen, zuletzt tropfenweise, so lange Salmiakgeist zusetzt, bis sowohl das blaue als das rothe Probirpapier darin nicht mehr verändert wird. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so bemerkt man nichts mehr von dem sauren, nichts mehr von dem laugenhaften Geschmacke, ebenso nichts mehr von dem starken Geruche; der Geschmack ist salzig geworden, der Geruch ist verschwunden. Man nennt diesen Vorgang, wie schon früher erwähnt wurde, eine Neutralisation. Die Flüssigkeit wird abgedampft; es bleibt ein weisses Salz zurück, salpetersaures Ammoniak. Durch geeignete Mittel kann man aus demselben sowohl die Salpetersäure als das Ammoniak wieder frei machen.

Es ist ein Hauptmerkmal aller Säuren, **dass sie sich mit Basen zu ganz neuen Körpern, die man Salze nennt, verbinden**, und dabei ihre sauren Eigenschaften verlieren.

187. Metalloxyde und Salpetersäure. *Versuch* b. Wenn man Blei längere Zeit an der Luft erhitzt, so verwandelt es sich in ein rothgelbes Pulver, indem es sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet; dieses Pulver heisst Bleioxyd, im gewöhnlichen Leben Bleiglätte. Man nehme von solcher **Bleiglätte** eine Messerspitze voll und übergiesse sie in einem Probirgläschen mit etwas Salpetersäure: sie wird sich bei gelinder Erwärmung zum grössten Theile auflösen. Die Auflösung wird warm filtrirt und in die Kälte gestellt: es setzt sich aus derselben ein Salz in weissen, glänzenden Krystallen ab, salpetersaures Bleioxyd. Der Vorgang zeigt, dass auch das Bleioxyd eine Basis ist, da es sich mit Säuren zu Salzen verbinden kann. Das Salz ist in reinem Wasser löslich.

Die Salpetersäure löst die meisten Metalloxyde auf und bildet damit Salze, welche sämmtlich in Wasser löslich sind. Hierauf gründet sich unter Anderem die Anwendung der Salpetersäure zum Blankbeizen der Metalle, z. B. der Kupfer- und Messinggeräthe, die beim Ausglühen, Löthen etc. sich mit einer Rinde von Oxyd überzogen haben.

188. Metalle und Salpetersäure. *Versuch* c. Man übergiesse einige Schrotkörner mit gewöhnlicher Salpetersäure, zu der man noch ein wenig Wasser hinzufügt: es erfolgt auch hier eine Auflösung, aber unter Entwicklung gelbrother Dämpfe von erstickendem Geruche. Diese Dämpfe heissen salpetrige Säure; sie enthalten, wie schon der Name andeutet, weniger Sauerstoff als die Salpetersäure. Der fehlende Sauerstoff ist an das Blei getreten und hat es in Oxyd verwandelt. Ein Theil der Salpetersäure wird auf diese Weise zerlegt, während ein anderer Theil davon sich mit dem Oxyde verbindet, und dasselbe Salz, wie bei dem vorigen Versuche, bildet. Das letztere krystallisirt gleichfalls aus der Flüssigkeit heraus, wenn man diese bis zum Erscheinen des Salzhäutchens abdampft.

Die Salpetersäure wirkt hierbei, wie man sieht, auf eine doppelte Weise: sie oxydirt zuerst das Blei, dann verbindet sie sich mit dem entstandenen Oxyde. Das Blei erscheint aufgelöst; man bemerkt aber leicht, dass dies eine ganz andere Art von Auflösen ist, als wenn man Kochsalz oder Zucker in Wasser auflöst. In dem letzteren Falle ist Salz und Zucker unverändert in der Auflösung; das Blei aber befindet sich nicht als Metall, sondern als ein Salz, als salpetersaures Oxyd, in der Flüssigkeit. Ebenso verhält es sich mit allen anderen Metallen, welche sich in Salpetersäure auflösen lassen, z. B. mit Silber, Quecksilber, Kupfer, Eisen u. a. m. Gold wird davon nicht gelöst, man kann daher durch Salpetersäure Gold vom Silber scheiden; hieraus erklärt sich der alte Name Scheidewasser.

Die Menge des Sauerstoffs, welche die Metalle der Salpetersäure entziehen können, wechselt nach ihrer chemischen Kraft und anderen Umständen. So kann ihr Zink 4 Aeq., Kupfer 3 Aeq., Silber 2 Aeq., Zinn 1 Aeq. entziehen, sie selbst also dadurch in NO, NO_2, NO_3 oder NO_4 übergehen. Wie die Metalle, so werden auch die Nichtmetalle durch Salpetersäure oxydirt; Kohle, mit derselben gekocht, wird zu Kohlensäure, Schwefel zu Schwefelsäure, Phosphor zu Phosphorsäure etc. Hiebei entweichen immer gelbrothe oder braunrothe Dämpfe von salpetriger Säure oder Untersalpetersäure.

189. Organische Stoffe und Salpetersäure. *Versuch* d. Auch organische Körper, z. B. Wolle, Federn, Holz, Indigo, wer-

den beim Erwärmen mit Salpetersäure oxydirt und somit zersetzt. Man kann diese Zersetzung als eine Verbrennung auf nassem Wege betrachten. Lässt man die organischen Stoffe nur kurze Zeit mit der Säure in Berührung, so nehmen sie durch die sich entwickelnde Untersalpetersäure oder salpetrige Säure eine gelbe Farbe an. Man kann auf diese Weise Holz gelb beizen und Seide gelb färben; daher auch die gelben Flecken auf Händen und Kleidern, die mit Salpetersäure bespritzt wurden. Eine höchst auffallende Veränderung erleidet die Baumwolle, wenn man sie kurze Zeit in der stärksten Salpetersäure weichen lässt; sie verpufft dann, angezündet, wie Schiesspulver, ja noch ungleich heftiger (Nitrocellulose).

Färbt man etwas Wasser in einem Probirgläschen mit 1 Tropfen Indigolösung (213) blau und bringt beim Kochen 1 Tropfen Salpetersäure hinzu, so verschwindet die blaue Farbe. Dieses Verhalten benutzt man zur Erkennung der Salpetersäure.

190. Salpetersaure Salze. Verpuffung. Die Salpetersäure wird, wie sich aus Vorstehendem ergiebt, sehr leicht zersetzt. Diese leichte Zersetzbarkeit zeigen auch die salpetersauren Salze. Man streue von dem bei b. oder c. erhaltenen und zuvor zerriebenen salpetersauren Bleioxyd etwas auf eine glühende Kohle: das Salz wird sich unter lebhaftem Sprühen in einige Bleikörnchen verwandeln. Die Salpetersäure wird hierbei vollständig in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt; der letztere, sowie der Sauerstoff des Bleioxydes, verbindet sich mit der Kohle zu Kohlensäure, welche nebst dem luftförmig gewordenen Stickstoff schnell entweicht und das Sprühen veranlasst. Man nennt diese plötzliche Entwicklung von Gasarten aus einem festen Körper eine Verpuffung.

2. Untersalpetersäure (NO_4).

(Aeq.-Gew. = 46.)

191. Rauchende Salpetersäure nennt man eine rothgelbe, höchstätzende, an der Luft bräunlichrothe, erstickende Dämpfe (NO_4) ausstossende Flüssigkeit, welche man bei der Salpetersäurebereitung erhält, wenn man zu wenig Schwefelsäure anwendet, oder auch, wenn man in die fertige starke Salpetersäure salpetrigsaure Dämpfe leitet, von denen dieselbe grosse Mengen auflösen kann.

Beim Vermischen mit Wasser wird diese Flüssigkeit erst grün, dann blau und endlich farblos, während rothgelbe Dämpfe (NO_3) entweichen. Der Hauptbestandtheil dieser Flüssigkeit ist Untersalpetersäure (NO_4). Man kann dieselbe auch als eine Verbindung von Salpetersäure mit salpetriger Säure ($NO_5 + NO_3 = 2NO_4$) ansehen, da sie mit Basen keine besonderen Salze, sondern Gemenge von salpeter- und salpetrigsauren Salzen bildet.

3. Salpetrige Säure (NO_3).

(Aeq.-Gew. = 38.)

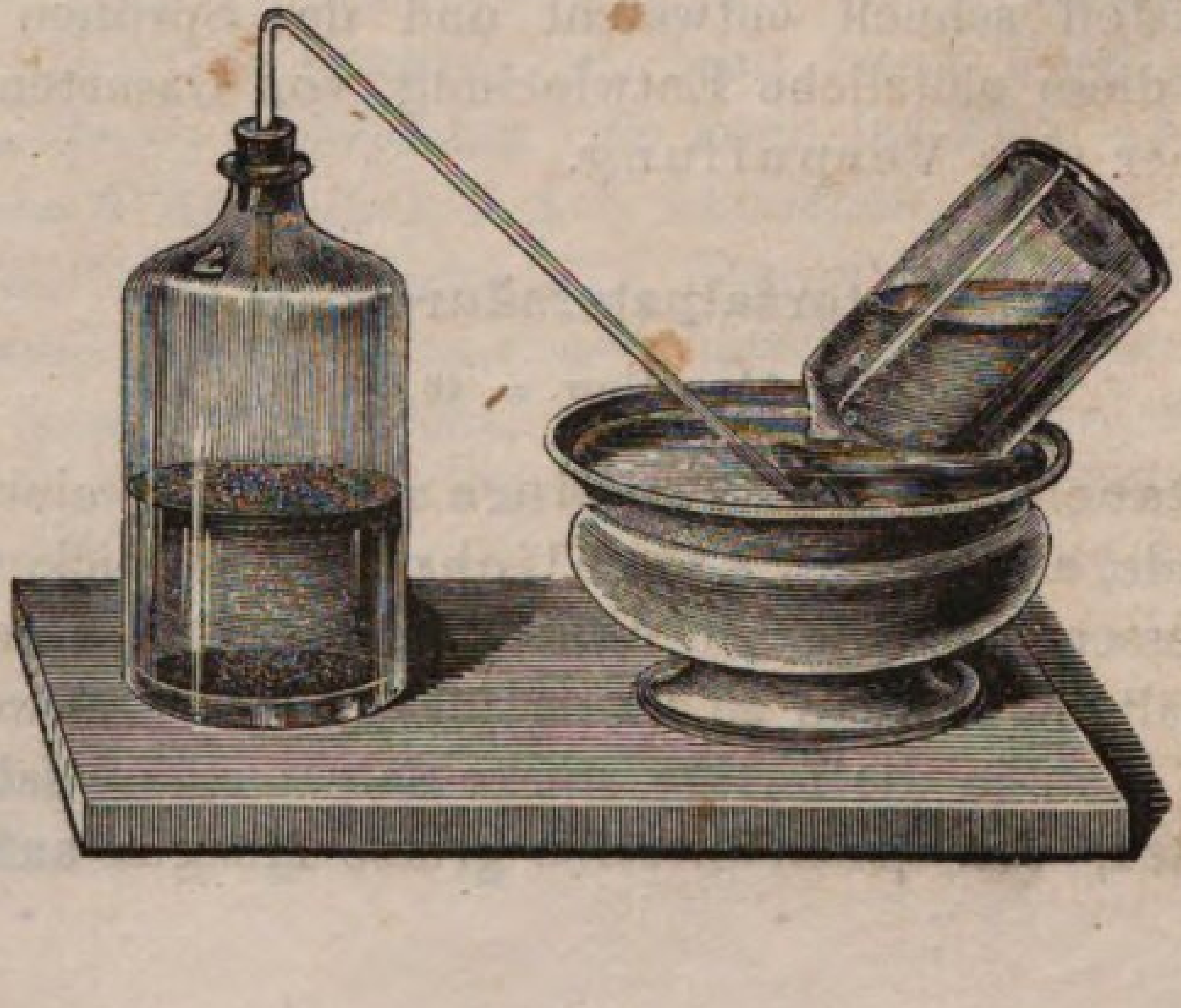
192. Die salpetrige Säure erzeugt sich (oft mit NO_4 gemengt) als ein unwillkommenes Nebenproduct aus der Salpetersäure, wenn diese, wie bei den vorigen Versuchen, zum Auflösen oder Oxydiren von Metallen oder anderen Körpern angewendet wird. Sie bildet bei gewöhnlicher Temperatur einen rothgelben, erstickenden Dampf, der aber durch starke Kälte zu einer blauen Flüssigkeit verdichtet werden kann. Da diese Dämpfe die Lunge angreifen, so hat man sich bei den Versuchen mit Salpetersäure so zu stellen, dass sie von dem Luftzuge weggeführt werden. Die salpetrigsauren Salze entwickeln rothgelbe Dämpfe, wenn man sie mit anderen Säuren übergiesst.

4. Stickstoffoxyd (NO_2).

(Aeq.-Gew. = 30.)

193. *Versuch.* Man giesse in einem Gläschen auf einige zerschnittene Kupferpfennige ein wenig Wasser und dann

Fig. 94.



nach und nach gewöhnliche Salpetersäure, bis ein lebhaftes Brausen entsteht; das Brausen rührt von der Entwicklung einer Luftart her, die man in einer weissen Flasche mittelst des bekannten pneumatischen Apparates auffängt; sie wird Stickstoffoxyd genannt und besteht aus 2 Maass (1 Aeq.) Stickstoff und 2 Maass (2 Aeq.) Sauerstoff. Man verstopft das Gläschen unter Wasser; es scheint leer zu sein, denn das Stickstoffoxyd ist farblos; öffnet man es aber und bläst vorsichtig Luft hinein, so füllt es sich von oben herab mit gelbrothen, zuletzt mit braunrothen Dämpfen. Das Stickstoffoxyd nimmt dabei aus der Luft erst 1 Aeq. Sauerstoff auf und verwandelt sich in salpetrige Säure, dann noch 1 Aeq. und wird zu Untersalpetersäure; aus NO_2 wird NO_3, weiter NO_4. Dieser Eigenschaft wegen ist es bei der Bereitung der englischen Schwefelsäure wichtig geworden (208). Es entsteht hier aus der Salpetersäure, weil das Kupfer dieser 3 Aeq. Sauerstoff entzieht und zu Oxyd wird, welches sich mit unzersetzter Salpetersäure zu salpetersaurem Kupferoxyd verbindet. Dieses Salz erhält man in blauen Krystallen, wenn man die über den Kupferstücken stehende Flüssigkeit abdampft.

5. Stickstoffoxydul (NO).

(Aeq.-Gew. = 22.)

194. Diese Verbindung besteht aus 2 Maass (1 Aeq.) Stickstoff und 1 Maass (1 Aeq.) Sauerstoff und stellt eine farblose Luftart dar, die eingeathmet berauschend wirkt und daher auch Lustgas genannt wird. Man kann dieses Gas, welches man am einfachsten durch Erhitzen von salpetersaurem Ammoniak darstellt, als atmosphärische Luft ansehen, die noch einmal so gut ist, d. h. noch einmal so viel Sauerstoff enthält, als die gewöhnliche.

195. Untersucht man die fünf genannten Stickstoffverbindungen, um zu erfahren, wie sie dem Gewichte nach zusammengesetzt sind, so findet man, dass die Gewichtsverhältnisse in einer ähnlichen, regelmässigen Proportion zu einander stehen, wie die Maassverhältnisse. Es verbinden sich nämlich jederzeit:

dem Gewichte nach: dem Maasse nach:

14 Grm. N mit 40 Grm. O,	oder 2 Mss. (1 Aeq.) N mit 5 Mss. (5 Aeq.) O	zu NO_5,
14 „ — „ 32 „	— „ 2 „ (1 Aeq.) — „ 4 „ (4 Aeq.)	— „ NO_4,
14 „ — „ 24 „	— „ 2 „ (1 Aeq.) — „ 3 „ (3 Aeq.)	— „ NO_3,
14 „ — „ 16 „	— „ 2 „ (1 Aeq.) — „ 2 „ (2 Aeq.)	— „ NO_2,
14 „ — „ 8 „	— „ 2 „ (1 Aeq.) — „ 1 „ (1 Aeq.)	— „ NO.

Unter 1 Maass oder Aeq. Sauerstoff (O) denken wir uns hiernach eine Gewichtsmenge von 8 Grm., Pfd. etc., unter 2 Maass oder 1 Aeq. Stickstoff (N) dagegen eine Gewichtsmenge von 14 Grm., Pfd. etc.

Kohlenstoff und Sauerstoff.

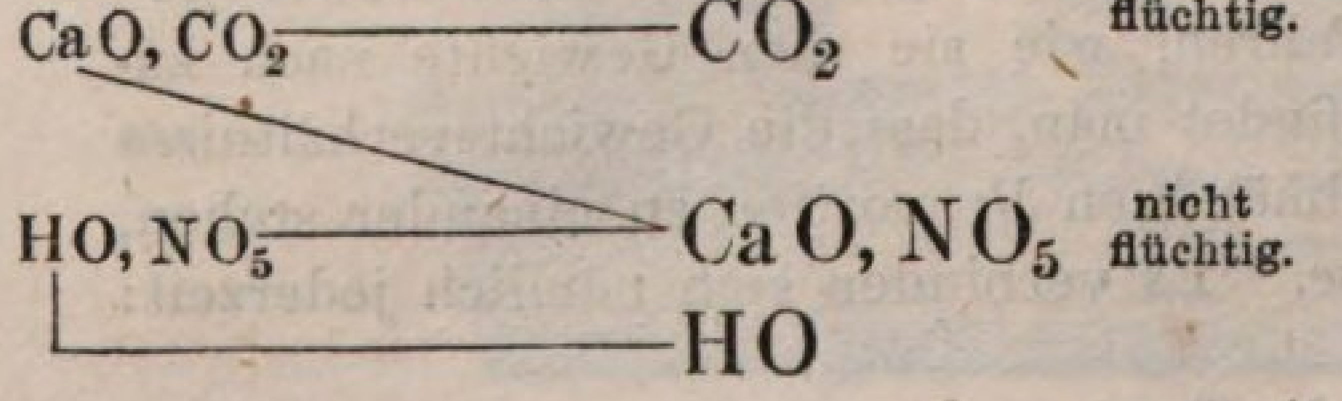
1. Kohlensäure oder fixe Luft (CO_2).

(Aeq.-Gew. = 22. — Specif. Gew. = 1,52.)

— 1757 von Black erkannt und „fixe Luft“ benannt; Zusammensetzung 1781 von Lavoisier nachgewiesen; 1823 von Faraday zu einer Flüssigkeit, 1835 von Thilorier zu einem festen Körper condensirt. —

196. Darstellung. Bei dem Kohlenstoff wurde schon gezeigt, dass Kohle und alle unsere Brennmaterialien beim lebhaften Verbrennen Kohlensäure bilden (127), und dass diese Luftart durch Kalkwasser entdeckt werden kann, welches sich dadurch trübt, weil ein unlösliches Salz, kohlensaurer Kalk, gebildet wird. Kreide, Kalkstein, Marmor sind auch kohlensaurer Kalk; aus ihnen kann man Kohlensäure in grösserer Menge darstellen.

Versuch a. In eine Viertelliterflasche bringe man 20 Grm. Salpetersäure und 20 Grm. Wasser, dann einige Stücke von Kreide oder Kalkstein; das Glas wird durch eine gebogene Glasröhre mit einer pneumatischen Wanne verbunden und das unter Brausen entweichende Gas, wie beim Sauerstoff angegeben, aufgefangen. Die stärkere Salpetersäure verjagt die schwächere Kohlensäure, indem sie sich mit der Basis der Kreide, dem Kalk (CaO), verbindet. Der entstandene salpetersaure Kalk (CaO, NO_5)

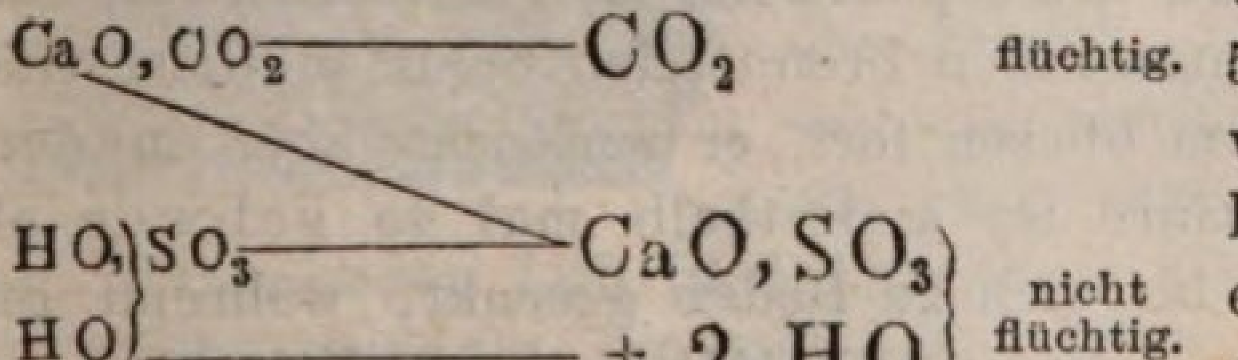


ist ein lösliches Salz, im Glase bleibt daher eine klare Flüssigkeit, aus der man durch Abdampfen das salpetersaure Salz in fester Form erhalten kann.

Fig. 95.

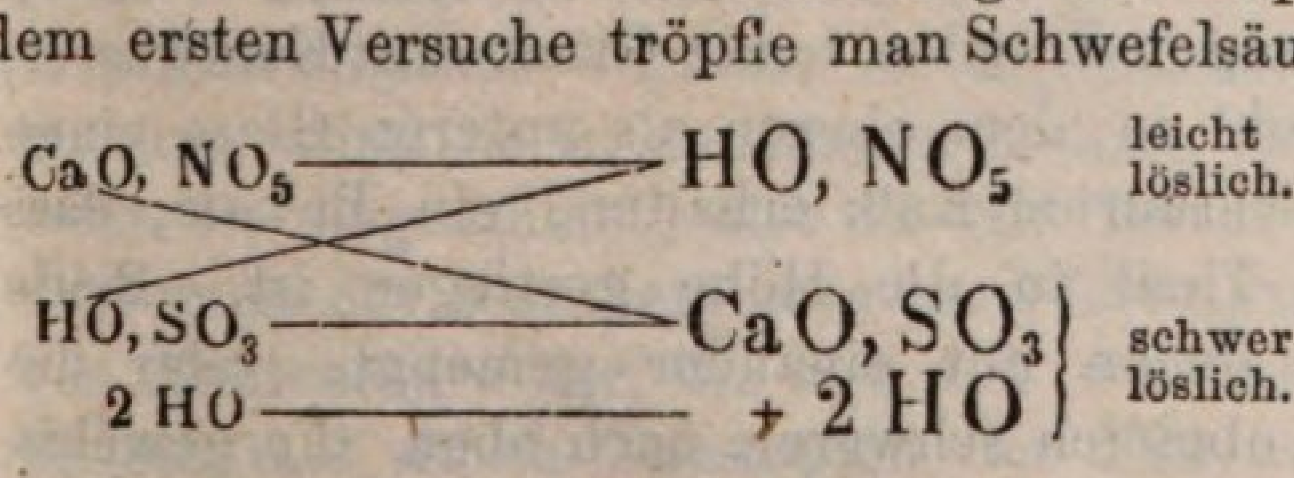


Versuch b. Man wiederhole diesen Versuch mit der Abänderung, dass man statt der Salpetersäure Schwefelsäure (HO, SO_3), die man zuvor mit der 5fachen Menge Wasser vorsichtig vermischt hat (88), anwendet; man erhält Kohlensäure und schwefelsauren Kalk oder Gyps.



Die Flüssigkeit wird diesmal nicht klar, weil der gebildete Gyps ($CaO, SO_3 + 2HO$) ein sehr schwer lösliches Salz ist. Nach beendigtem Versuche trocknet man denselben und hebt ihn zu weiteren Versuchen auf. Die beiden letzten Experimente sind deutliche Beispiele einer einfachen Wahlverwandtschaft.

Versuch c. Zu der Auflösung von salpetersaurem Kalk aus dem ersten Versuche tröpfle man Schwefelsäure: die klare Flüssigkeit wird dick und trübe, denn es entsteht gleichfalls Gyps, weil die Schwefelsäure, wel-



che stärker ist als die Salpetersäure, die letztere verdrängt und sich mit dem Kalk verbindet.

Versuche mit Kohlensäure.

197. Eigenschaften der Kohlensäure. *Versuch* a. Feuchtes blaues Probirpapier wird, in Kohlensäure gehalten, roth, beim Liegen an der Luft aber wieder blau: das kohlensaure Gas ist eine flüchtige Säure.

Versuch b. Man werfe ein Stückchen Kreide in Essig: der Essig ist eine der schwächsten Säuren, er ist aber doch im Stande, die Kohlensäure zu vertreiben: sie entweicht unter Aufbrausen. Die Kohlensäure ist eine sehr schwache Säure, weil sie eine sehr grosse Neigung hat, gasförmig zu werden.

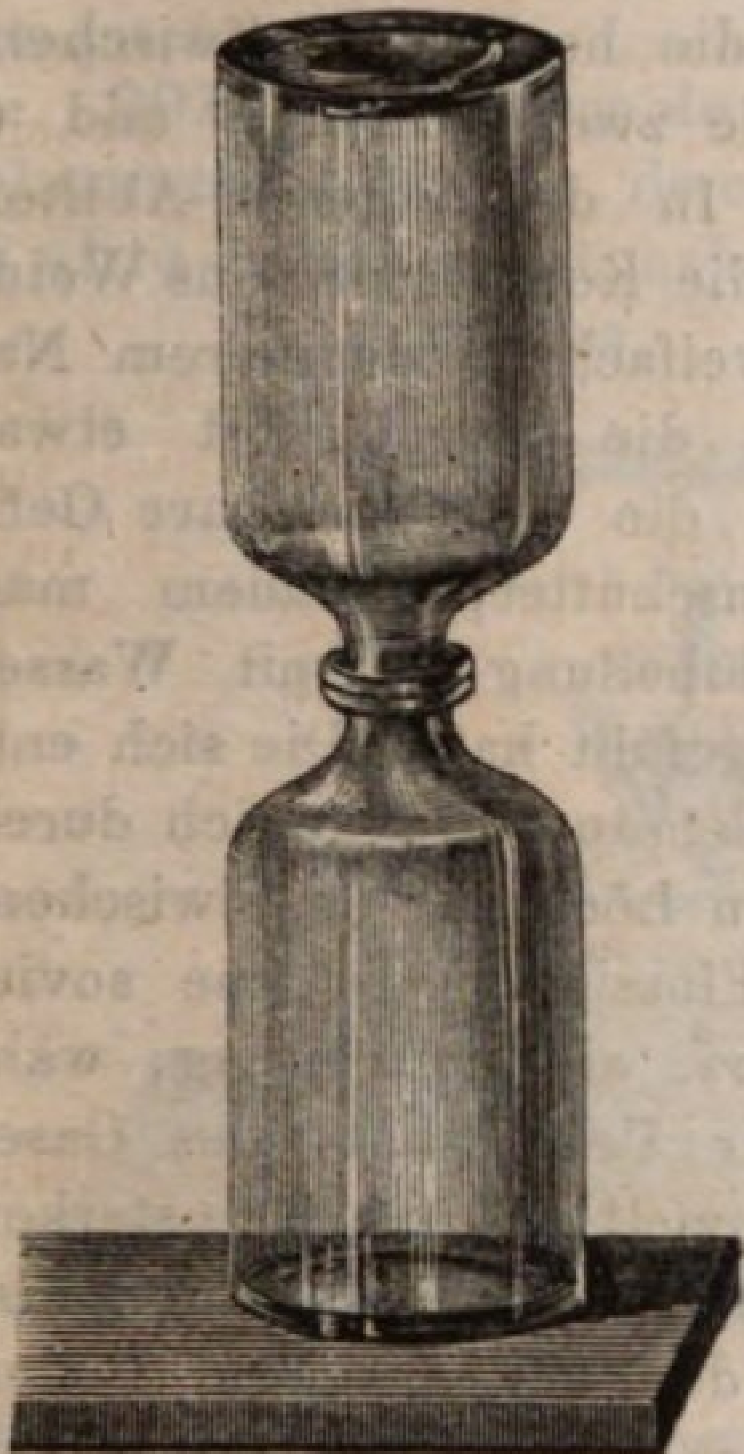
Versuch c. Ein brennender Holzspan verlöscht, wenn man ihn in Kohlensäure hält; ebenso verlöscht das Leben, wenn Menschen oder Thiere diese Luft einathmen: das kohlensaure Gas kann die Verbrennung und das Leben nicht unterhalten.

Versuch d. Man stürze ein mit Kohlensäure gefülltes Glas über ein leeres, d. h. nur atmosphärische Luft enthaltendes; hält man nach einigen Minuten einen brennenden Span in diese Gläser, so brennt er in dem oberen fort, er verlöscht aber in dem unteren. Die Kohlensäure ist anderthalb mal so schwer als gewöhnliche Luft, sie hat sich zu Boden gesenkt, während die leichtere atmosphärische Luft in die Höhe stieg. Hält man ein mit Kohlensäure gefülltes Glas mit der Oeffnung nach unten schräg über eine Lichtflamme, so dass dieselbe herausfliessen kann, so verlöscht das Licht.

198. Diffusion der Kohlensäure. *Versuch.* Man wiederhole diesen Versuch, nur mit dem Unterschiede, dass man das untere Glas mit Kohlensäure füllt und das obere leer lässt. Schüttelt man nach einigen Stunden beide Gläser mit Kalkwasser, so wird man ebensowohl in dem oberen als unteren Glase einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk erhalten, ein Beweis, dass die Kohlensäure zum Theil in die Höhe gestiegen ist. Beide Luftarten haben sich genau mit einander gemengt, oder die Kohlensäure hat sich, obgleich schwerer, nach oben, die gewöhn-

liche Luft, obgleich leichter, nach unten zu ausgebreitet (diffundirt). Man nennt dieses freiwillige Mengen der Gasarten mit einander die Diffusion der Gase. Das Diffusionsvermögen der gasartigen Körper ist von hoher Wichtigkeit für die Oekonomie der Natur, denn durch dasselbe entsteht im Grossen in der atmosphärischen Luft eine fortwährende Ausgleichung der Bestandtheile, und ihm ist es zuzuschreiben, dass wir überall die Zusammensetzung der Luft ziemlich gleich antreffen, obwohl ihr an dem einen Orte freier Sauerstoff entzogen, an dem anderen Kohlensäure zugeführt wird.

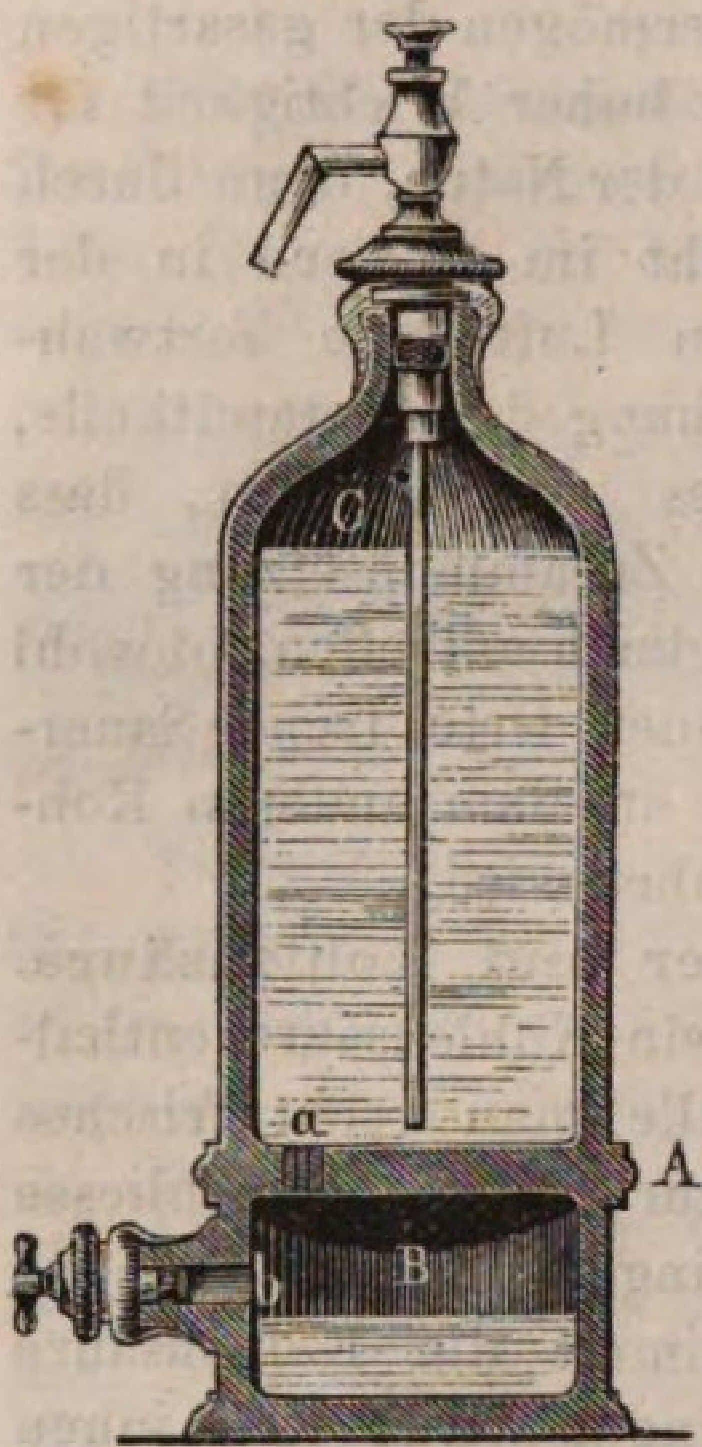
Fig. 96.



199. Wasser und Kohlensäure. *Versuch.* In ein Kohlensäure enthaltendes Glas fülle man recht frisches Wasser bis zur Hälfte, verschliesse es mit dem Finger und schüttle es: das Wasser nimmt die Kohlensäure auf und der Finger wird, weil innen ein luftleerer Raum entstanden ist, von der äusseren Luft in die Mündung des Glases hineingedrückt. Das kohlensaure Gas ist löslich im Wasser. 1 Liter kaltes Wasser kann 1 Liter Kohlensäure auflösen, noch einmal so viel aber, wenn man sie hineinpresst; es erlangt dadurch einen säuerlichen Geschmack und die Eigenschaft zu moussiren oder zu brausen. Solche Wasser quellen an vielen Orten aus der Erde hervor, z. B. in Selters und Bilin, und werden unter dem Namen Sauerwässer als Heilmittel benutzt. Man stellt sie jetzt auch mit grosser Naturtreue künstlich dar (Struve'sche Mineralwässer). Wie sich hieraus ergiebt, ist die Kohlensäure unschädlich, ja heilsam, wenn sie in den Magen kommt, sie wirkt nur erstickend, wenn sie eingeathmet, also in die Lunge gebracht wird. Das Schäumen des Flaschenbieres und Champagners rührt gleichfalls von Kohlensäure her, die sich bei der Gährung dieser Getränke bildete und durch Verstopfen der Flaschen während der Gährung in ihnen zurückgehalten wurde.

Moussirende Getränke. Zur Bereitung solcher Getränke im Kleinen ist der nebenstehende Apparat in Gebrauch gekommen. Er besteht aus einer starken thönernen Flasche, deren innerer Raum durch die horizontale Zwischenwand *A* in die zwei Hälften *B* und *C* getheilt ist. In der unteren Abtheilung *B* wird die Kohlensäure aus Weinsäure und zweifach kohlensaurem Natron erzeugt, die man nebst etwas Wasser durch die verschliessbare Oeffnung *b* hineinschüttet, nachdem man die obere Abtheilung *C* mit Wasser oder Wein angefüllt hat. Die sich entwickelnde Kohlensäure drängt sich durch die ganz feinen Löcher *a* der Zwischenwand in die Flüssigkeit, welche soviel davon absorbirt, als sie vermag, während sich der Ueberschuss des Gases darüber ansammelt und einen so starken Druck auf die Flüssigkeit ausübt, dass diese durch das fast bis zum Boden reichende Steigrohr in die Höhe und zu dem Ausflussrohre herausgetrieben wird, sobald man durch einen Druck auf den obersten Knopf ein Ventil öffnet, welches die Verbindung zwischen beiden verschliesst. Vor dem jedesmaligen Gebrauche dieses Apparates muss man sich durch Durchblasen bei *b* davon überzeugen, dass die feinen Verbindungscanäle *a* nicht etwa verstopft sind, weil ausserdem die gesammte Kohlensäure in dem kleinen unteren Raume bleiben müsste und diesen mit einer gefährlichen Explosion leicht gewaltsam auseinandertreiben könnte.

Fig. 97.

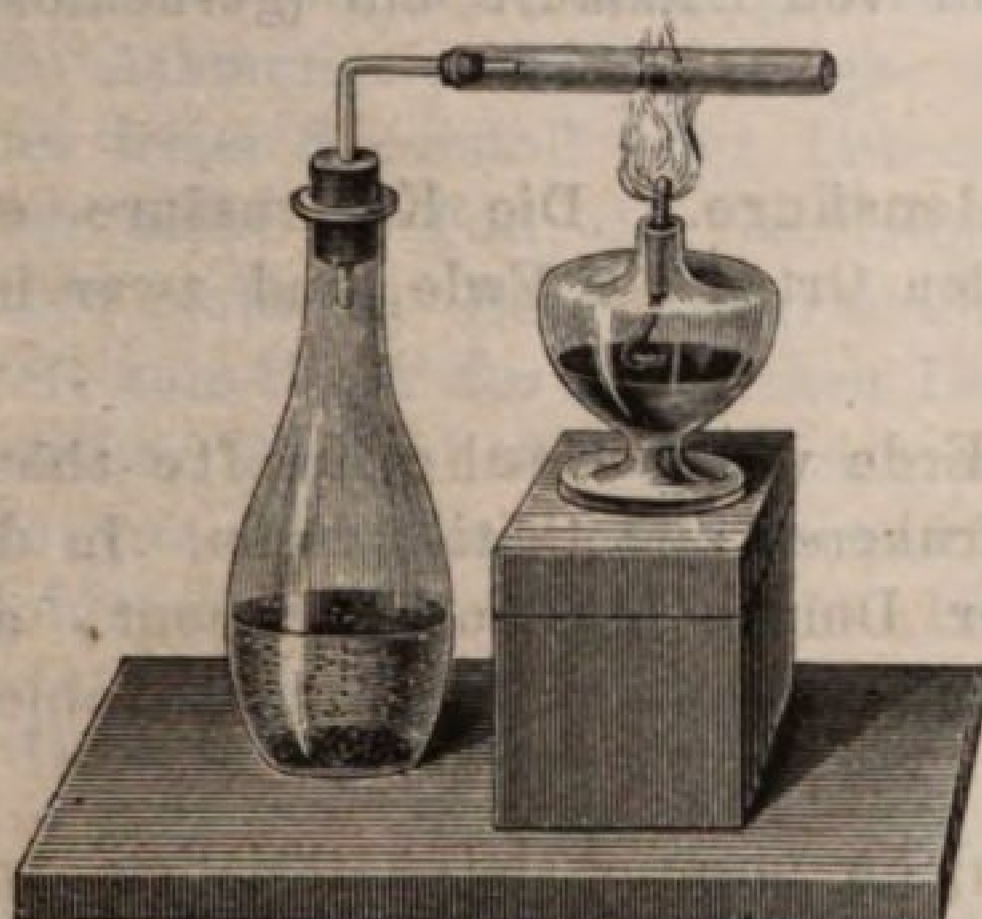


200. Flüssige und feste Kohlensäure. Sonst kannte man die Kohlensäure nur als eine Luftart, jetzt aber ist man im Stande, sie durch Zusammenpressen auf $^1/_{36}$ ihres Volumens bei 0^0 in eine Flüssigkeit umzuwandeln. Die flüssige Kohlensäure verdunstet an der Luft mit solcher Schnelligkeit, dass dabei eine Verdunstungskälte (40) von — 80^0 entsteht und durch diese Kälte ein Theil der Kohlensäure sich zu einer festen,

schneeähnlichen Masse verdichtet, die an der Luft nur langsam verdunstet. Kühlt man die in einem starken Glasrohre eingeschlossene flüssige Kohlensäure bis zu — 70° ab, so erstarrt sie zu einer festen, eisähnlichen Masse.

201. Zersetzung der Kohlensäure. *Versuch.* Um sich zu überzeugen, dass in dem farblosen kohlensauren Gase wirklich Kohle enthalten sei, nehme man ein Probirgläschen, stosse den Boden desselben ein, und verbinde es mittelst eines durchbohrten Korkes und einer Glasröhre mit einem Glase, in dem sich Kohlensäure entwickelt. In das Probirgläschen schiebt man ein erbsengrosses Stück Kalium, das man zuvor mit Fliesspapier abgetrocknet hat, und erhitzt die Stelle, wo es liegt, von aussen mit einer Lampe. Das Kalium ist ein dem Natrium sehr ähnliches Metall und hat, wie dieses, eine ausserordentliche Begierde, sich mit Sauerstoff zu verbinden; es ist hier im Stande, der Kohlensäure, die darüber hinwegströmt, in der Hitze den Sauerstoff zu entziehen. Dies geschieht und es entsteht Kaliumoxyd oder Kali (KO), eine der stärksten Basen, die sich sogleich mit einem Theile der vorhandenen Säure zu kohlensaurem Kali (Potasche) verbindet, während der Kohlenstoff derjenigen Kohlensäure, die ihren Sauerstoff an das Kalium abgegeben, übrig bleibt und der Salzmasse eine schwarze Farbe ertheilt. Stellt man die Röhre mit der letzteren in ein Glas, in dem sich Wasser befindet, so löst sich das kohlensaure Kali auf, die Kohle aber schwimmt mechanisch in der Lösung und lässt sich auf einem Filter sammeln. Die Flüssigkeit reagirt basisch, weil die schwache Kohlensäure nicht im Stande ist, die basischen Eigenschaften einer so starken Basis, wie des Kalis, vollständig zu neutralisiren. Dass Kohlensäure dabei ist, sieht man aus dem Brausen beim Zusatz einer Säure.

Fig. 98.



Zusammensetzung. Die Kohlensäure besteht aus 1 Aeq. Kohlenstoff und 2 Aeq. Sauerstoff, sie hat also die Formel $= CO_2$. Dem Gewichte nach sind in ihr immer 6 Grm. Kohlenstoff mit 16 Grm. Sauerstoff vereinigt; wir haben uns demnach unter 1 Aeq. C stets eine Gewichtsmenge von 6 Grm., Pfd. etc. Kohlenstoff zu denken.

Reagens. Zur Erkennung der Kohlensäure dient Kalkwasser (47, 127); in festen Körpern schliesst man auf Kohlensäure, wenn durch Auftröpfeln von Salzsäure ein (geruchloses) Brausen entsteht.

202. Bildung von Kohlensäure. Die Kohlensäure erzeugt sich unaufhörlich an allen Orten der Erde, und zwar insbesondere:

a) Da, wo im Innern der Erde vulcanische Kräfte thätig sind, oder muthmaasslich in früherer Zeit thätig waren. In der Hundsgrotte von Neapel, der Dunsthöhle von Pyrmont, am Laacher See und an anderen Orten strömt fortwährend Kohlensäure aus Erdspalten hervor.

b) Bei allen Verbrennungen unserer Heizmaterialien, wie dies schon mehrmals erwähnt worden ist (65, 127).

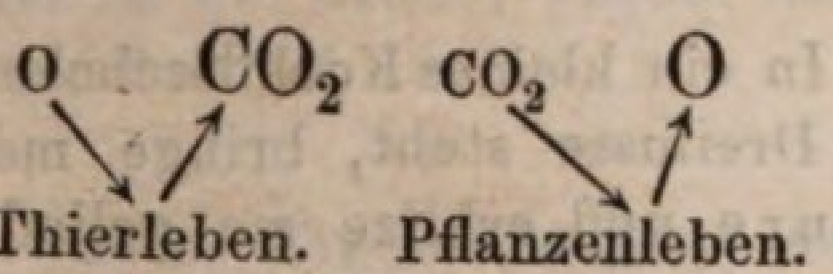
c) Beim Athmen der Menschen und Thiere, was leicht dargethan werden kann, wenn man die aus den Lungen kommende Luft durch eine Glasröhre in Kalkwasser bläst: es entsteht kohlensaurer Kalk, der die helle Flüssigkeit trübe macht. Wir athmen Sauerstoff ein, dieser verbindet sich in unserem Körper mit Kohlenstoff und wird als Kohlensäure wieder ausgeathmet; es muss daher in Räumen, in denen sich viele Menschen aufhalten oder wo viele Lichter brennen, dafür gesorgt werden, dass die verdorbene, d. h. kohlensäurereiche Luft fortgehe und dafür frische, d. h. sauerstoffreiche, hinzutrete. Dies geschieht durch künstlichen Luftzug oder Ventilation.

d) Bei der geistigen Gährung, z. B. bei der Darstellung von Wein, Bier und Branntwein. Dabei wird der Zucker in Weingeist und Kohlensäure zerlegt; der erstere bleibt in der Flüssigkeit und giebt ihr die bekannte berauschende Kraft, die Kohlensäure dagegen entweicht in die Luft.

e) Bei der Verwesung und Fäulniss aller Pflanzen- und

Thierstoffe. In allen organischen Körpern ist Kohlenstoff enthalten; dieser verwandelt sich beim Verwesen nach und nach durch den Sauerstoff der Luft in Kohlensäure; es muss daher überall, wo es Thiere und Pflanzen giebt, auf der Erde, im Meere und in der Luft, Kohlensäure gebildet werden.

203. Kreislauf des Sauerstoffs und Kohlenstoffs. Alle Kohlensäure, die auf so verschiedene Weise entsteht, wird von der atmosphärischen Luft aufgenommen. Bliebe sie in dieser, so müsste die Luft allmälig verschlechtert werden, zumal ihr bei den Athmungs-, Verbrennungs- und Verwesungsprocessen überdies freier Sauerstoff oder Lebensluft entzogen wird. Dies ist aber nicht der Fall; der Sauerstoff nimmt nicht ab, die Kohlensäure nicht zu. Eine unergründliche Weisheit hat die Pflanzenwelt zum Hüter des thierischen Lebens bestellt und mit staunenswerther Einfachheit die Einrichtung getroffen, dass die Pflanzen die von Menschen und Thieren als unbrauchbar ausgeathmete Kohlensäure, als ihr hauptsächlichstes Nahrungsmittel, aus der Luft einsaugen und dieser dafür Sauerstoff wiedergeben. Die Pflanzen athmen Kohlensäure ein und (im Lichte) Sauerstoff aus.



2. Kohlenoxydgas (CO) ist schon 119 besprochen worden.

3. Oxalsäure (C_2O_3), eine zwischen der Kohlensäure und dem Kohlenoxyd stehende Verbindung, s. 258.

Schwefel und Sauerstoff.

1. Schwefelsäure oder Monothionsäure (SO_3).

(Aeq.-Gew. = 40.)

— Schon seit einigen Jahrhunderten bekannt; 1774 von Roebuck mittelst der Bleikammer bereitet. —

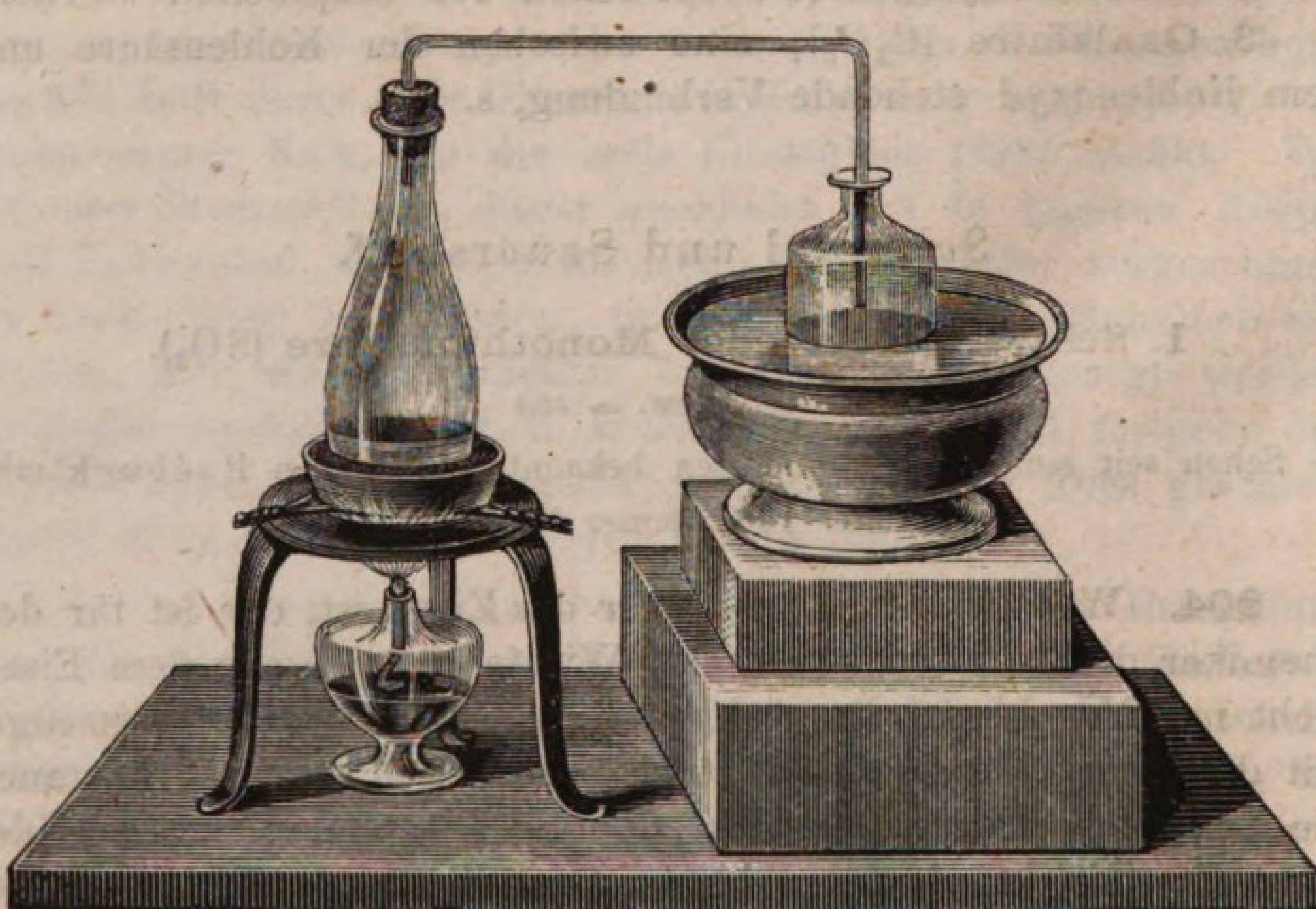
204. Was für den Mechaniker das Eisen ist, das ist für den Chemiker die Schwefelsäure. Wie jener sich aus dem Eisen nicht nur Maschinen aller Art darstellt, sondern auch Werkzeuge, mit denen er jedes andere Material bearbeiten kann, so hat auch die Schwefelsäure für uns ein doppeltes Interesse. Sie bildet nicht nur mit den Basen sehr wichtige Salze, sondern wir be-

nutzen sie auch als das nützlichste chemische Werkzeug, um durch sie zahllose andere chemische Stoffe und Veränderungen hervorzubringen, wie die Darstellung von Wasserstoff, Phosphor, Chlor, Salpetersäure, Kohlensäure etc. schon gelehrt hat. Seitdem sie zum Scheuern von Metallgeräthen, zum Aufschliessen von Düngemitteln, zur Bereitung von Feuerzeugen, Stiefelwichse etc. allgemein gebraucht wird, kennt sie wohl Jedermann als eine scharfe, beizende Flüssigkeit. Wir haben sie bisher vorzugsweise als den Herkules unter den Säuren kennen gelernt, durch den wir alle anderen überwältigen und austreiben konnten. Im Handel kommt sie nur flüssig vor, und zwar in zwei Arten: 1) als eine ölartige, rauchende Flüssigkeit (Vitriolöl oder Nordhäuser Schwefelsäure), und 2. etwas dünner und nicht rauchend (englische Schwefelsäure). Auf folgende Weise kann man sie aber auch fest und trocken darstellen.

Wasserfreie Schwefelsäure (Schwefelsäure-Anhydrid).

205. Darstellung. *Versuch.* In ein kleines Kochfläschchen, das in einem Sandbade auf einem Dreifusse steht, bringe man 20 Grm. rauchende Schwefelsäure und erhitze sie gelinde,

Fig. 99.



bis sie schwach kocht. Den Dampf leite man durch eine weite Glasröhre in ein leeres Fläschchen, das in ein mit Schnee oder möglichst kaltem Wasser gefülltes Gefäss gestellt wird. Man kann zur Sommerszeit das Wasser leicht dadurch noch mehr abkühlen, dass man einige Theelöffel gestossenen Salpeters in dasselbe schüttet. Lässt man den Dampf in die Luft gehen, so erscheint er darin als ein dichter, weisser Rauch von stechend saurem Geruche, in dem Gläschen dagegen wird er zu einer weissen, wie Seide glänzenden, festen Masse verdichtet. Diese ist wasserfreie Schwefelsäure. Man hört mit der Destillation auf, sowie das Kochen nachlässt und die Glasröhre heisser wird, als man es mit der Hand ertragen kann. Der Rückstand in dem Kochfläschchen raucht jetzt nicht mehr, er ist zu englischer Schwefelsäure (Schwefelsäurehydrat) geworden. Wollte man diese zum Kochen bringen, so müsste man eine fast 10 mal stärkere Hitze als vorher anwenden; denn sie kocht erst bei 325° C., während die wasserfreie schon bei etwa 35° C. siedet. Dies ist der Grund, warum das Kochen aufhört, wenn die letztere entwichen ist.

206. Eigenschaften der wasserfreien Schwefelsäure. *Versuch* a. Man nehme mit einem Glasstäbchen etwas Säure heraus und lege sie in ein trocknes Probirgläschen: sie raucht gewaltig und wird nach einiger Zeit flüssig; sie zieht nämlich Wasser aus der Luft an und wird dadurch zu Vitriolöl. Bei längerem Stehen nimmt sie noch mehr Wasser auf und hört auf zu rauchen: sie wird dadurch zu englischer Schwefelsäure. Durch Abdampfen kann dieses Wasser nicht wieder entfernt werden, denn die Schwefelsäure giebt dasselbe bloss dann wieder ab, wenn man ihr eine Basis dafür darbietet.

Versuch b. In Wasser geworfen, löst sich die wasserfreie Schwefelsäure unter Zischen und heftiger Erhitzung auf.

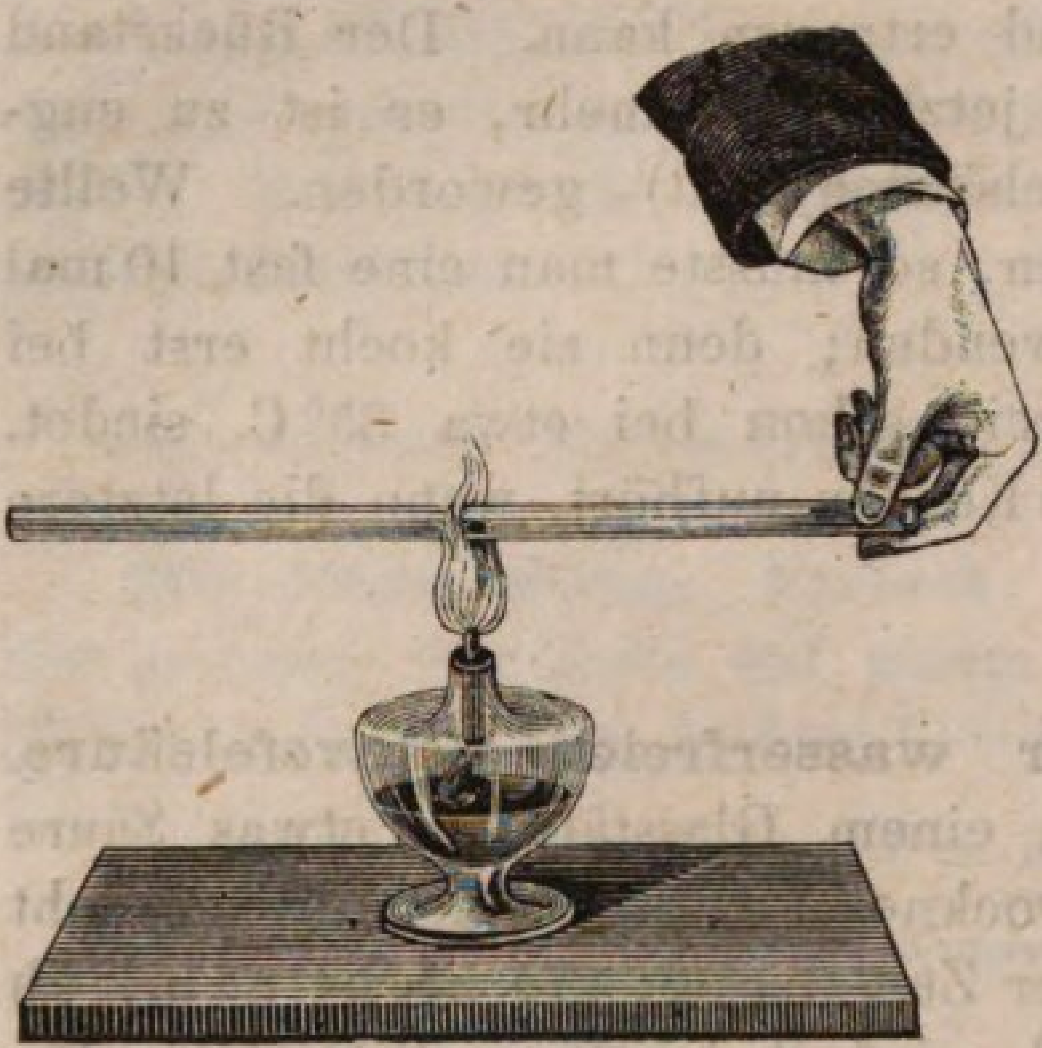
Versuch c. Ebenso löst sie sich in englischer Schwefelsäure auf und diese wird dadurch rauchend. Die rauchende Schwefelsäure ist demnach eine Auflösung von wasserfreier Schwefelsäure in englischer. Ihre Bestandtheile sind dem Gewichte nach: 16 Schwefel (1 Aeq.) und 24 Sauerstoff (3 Aeq.). Daher die Bezeichnung $= SO_3$.

Rauchende Schwefelsäure oder Vitriolöl.

207. Diese Säure wird erhalten durch Destillation von Eisenvitriol, der bekanntlich aus Schwefelsäure und Eisenoxydul besteht (96).

Versuch. Man lege ein Stückchen Eisenvitriol in eine Glasröhre und erhitze es: der grüne Krystall wird unter Entweichung von Wasserdämpfen weiss (wasserfrei). Bei weiterem Erhitzen geht das Weiss in Rothbraun über und es entwickelt sich ein wenig schweflige Säure; ein Theil der Schwefelsäure giebt nämlich 1 Aeq. Sauerstoff an das Eisenoxydul ab und macht dies zu Oxyd, während der andere Theil bei dem Eisenoxyd bleibt. Wird dieses basisch-schwefelsaure Eisenoxyd heftig und anhaltend geglüht, so lässt das Eisenoxyd die Schwefelsäure los und diese entweicht, und zwar wasserfrei, weil sie kein Wasser mehr vorfindet. Im Grossen wendet man dazu Thonretorten an und leitet den Dampf in englische Schwefelsäure, die sich dadurch in rauchende umwandelt. Weil diese dickflüssig wie Oel ist und aus Eisenvitriol dargestellt wird, so gab man ihr den Namen Vitriolöl (oder Oleum); den Namen Nordhäuser Schwefelsäure aber erhielt sie, weil diese Stadt Jahrhunderte lang ganz Deutschland mit dieser Säure versorgte. Das Vitriolöl hat ein specifisches Gewicht von etwa 1,86, und enthält in 100 Thln. ungefähr 10 bis 12 Thle. Wasser.

Fig. 100.



Rauchen des Vitriolöls. Kommt das Vitriolöl an die Luft, so verdampft die darin enthaltene, leichtflüchtige wasserfreie Säure und vereinigt sich mit dem in der Luft enthaltenen Wasserdunste; es entsteht sonach englische Schwefelsäure, die

sich, weil sie 10 mal schwerer flüchtig ist, in der kalten Luft zu weissen Dämpfen verdichtet, gerade so, wie wir es beim Wasserdampfe sehen, wenn er in kalte Luft strömt. Der **Rauch** des Vitriolöls besteht also aus Dämpfen von englischer Schwefelsäure.

Englische Schwefelsäure (HO, SO_3).

(Aeq.-Gew. = 49. — Specif. Gew. = 1,84.)

208. Darstellung im Kleinen. So lange man die Schwefelsäure nur aus Eisenvitriol zu bereiten verstand, war sie sehr theuer. Für den Preis, den man früher für ein Paar Pfund bezahlte, erhält man jetzt einen ganzen Centner. Diese Wohlfeilheit erlangte sie erst, als man in England vor beinahe 100 Jahren eine andere, ungleich billigere Bereitungsmethode dieser Säure auffand, nämlich aus dem Schwefel selbst.

Kohle und Phosphor nehmen, wenn sie verbrennen, die grösste Menge von Sauerstoff auf, mit der sie verbindbar sind, und man erhält Kohlensäure und Phosphorsäure. Verhielte sich der Schwefel ebenso, so könnte es nichts Leichteres geben, als ihn in Schwefelsäure umzuwandeln. Wie bekannt, bildet der Schwefel aber beim Verbrennen nur schweflige Säure (SO_2), d. h. es verbinden sich mit 16 Schwefel (1 Aeq.) nur 16 Sauerstoff (2 Aeq.). Soll aus dieser Schwefelsäure werden, so muss man sie nöthigen, noch 8 Sauerstoff (1 Aeq.) aufzunehmen. Dies geschieht durch einen Körper, der sehr reich ist an Sauerstoff und ihn zugleich leicht abgiebt, durch Salpetersäure.

Versuch. Man verbrenne in einer **trocknen** Literflasche so lange Schwefel, als derselbe noch darin brennt, d. h. so lange, bis aller Sauerstoff der in der Flasche enthaltenen Luft sich mit Schwefel zu schwefliger Säure (66) verbunden hat; hält man nun einen bis zum Boden des Gefässes reichenden Glasstab, den man zuvor in starke Salpetersäure getaucht und abtropfen gelassen, in die Flasche, so erzeugen sich um denselben herum sofort braungelbe Dämpfe, welche sich beim Bewegen des Stabes bald in der ganzen

Fig. 101.



Flasche ausbreiten, nach kurzer Zeit aber wieder verschwinden. Man tauche nun den Stab von Neuem in starke Salpetersäure und dann in die Flasche: es wiederholt sich die angegebene Farbenänderung und bei ruhigem Stehen verdichtet sich der Flascheninhalt zu einem weissen Nebel, der sich zu Boden senkt. Beim beginnenden Senken verstopfe man die Flasche und lasse sie umgelegt in Ruhe: nach einigen Minuten wird jener Nebel sich theils als ein grieslicher, theils als ein den Eisblumen der Winterfenster ähnlicher Ueberzug an der Innenwand der Flasche niedergeschlagen haben.

Die hierbei stattfindenden Vorgänge sind der Reihe nach folgende: Zuerst entzieht die schweflige Säure der Salpetersäure 1 Aeq. Sauerstoff und wird zu Schwefelsäurehydrat, die Salpetersäure aber zu Dämpfen von braungelber Untersalpetersäure.

a. $SO_2 + HO, NO_5$ liefern $HO, SO_3 + NO_4$.

Das Verschwinden der gelben Dämpfe erfolgt, weil eine frische Portion schwefliger Säure der Untersalpetersäure abermals 1 Aeq. Sauerstoff entzieht und die erzeugten gelben salpetrigsauren Dämpfe mit der erzeugten Schwefelsäure sich zu einer farblosen Verbindung vereinigen.

b. $SO_2 + NO_4$ liefern SO_3, NO_3.

Vereinigt diese Verbindung sich mit dem im ersten Act erzeugten Schwefelsäurehydrat, so entsteht eine Art Doppelsalz, bei dem einerseits Wasser, andererseits salpetrige Säure die Stelle der Basis vertritt, $= HO, SO_3 + NO_3, SO_3$. Diese leicht krystallisirbare Verbindung stellt den obigen Ueberzug, bei der Schwefelsäurebereitung im Grossen die sogenannten Krystalle der Bleikammern dar. In starker Schwefelsäure sind diese unzersetzt löslich, dagegen zerlegen sie sich in verdünnter Schwefelsäure oder Wasser sogleich in freie Schwefelsäure, die sich löst, und in rothgelbe Dämpfe von salpetriger Säure.

Um diese Zerlegung wahrzunehmen, lasse man ein wenig Wasser an der mit dem krystallinischen Ueberzug bedeckten Glaswand herabfliessen; der letztere zergeht im Wasser unter Entwickelung orangefarbener Luftbläschen, und beim nachherigen Umschwenken des Wassers erhält man eine farblose Lösung von Schwefelsäure, während die darüber stehende Luft eine gelbe Farbe annimmt. Aus $HO, SO_3 + NO_3, SO_3$ bilden sich $2(HO, SO_3)$ und NO_3.

Hält man in diese gelbe Luft brennenden Schwefel, so entfärbt sie sich wieder; es bildet sich zum dritten Male Schwefelsäure, indem die salpetrige Säure 1 Aeq. Sauerstoff abgiebt und zu farblosem Stickstoffoxyd wird, dessen weiteres Wirken in Nr. 210 näher angegeben ist.

c. $SO_2 + HO + NO_3$ liefern $HO, SO_3 + NO_2$.

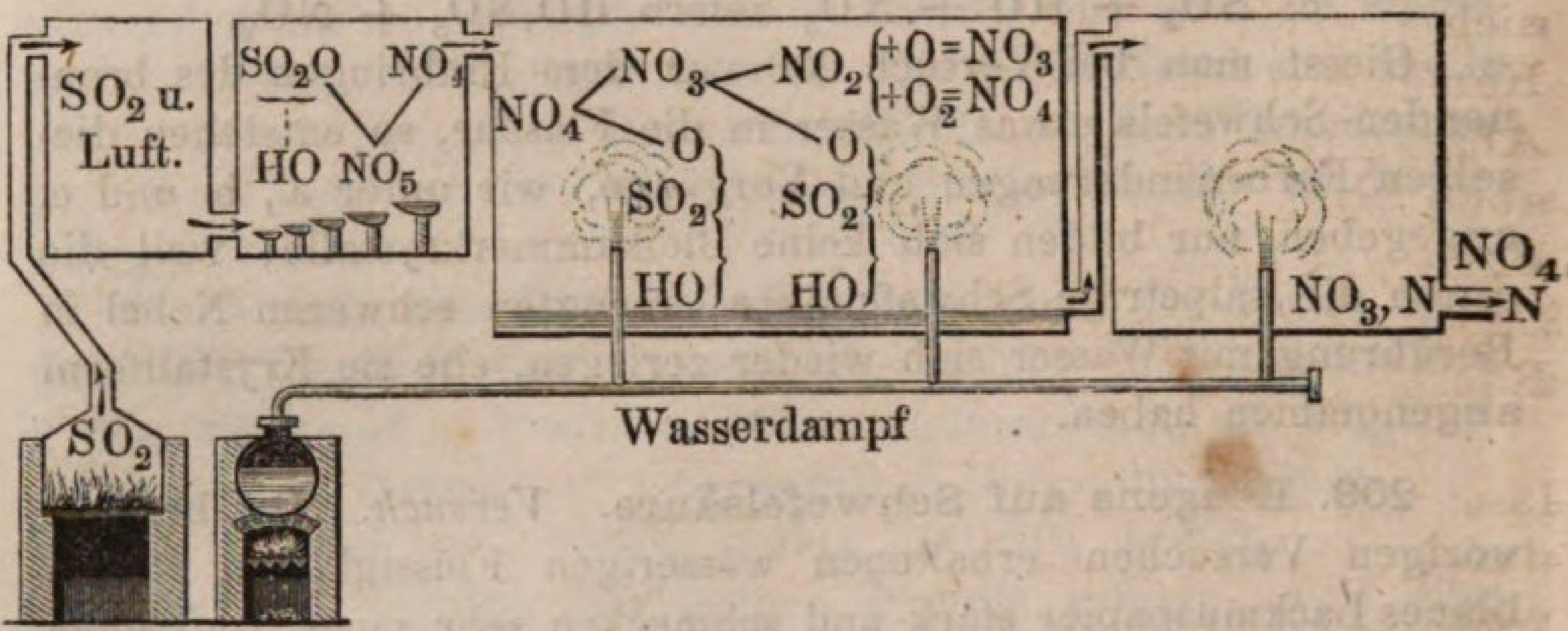
Giesst man bei Versuch 208 vor dem Einbringen des brennenden Schwefels etwas Wasser in die Flasche, so entstehen dieselben Farbenänderungen und Vorgänge, wie unter a., b. und c. angegeben, nur bilden sich keine Bleikammerkrystalle, weil die durch die salpetrige Schwefelsäure erzeugten schweren Nebel in Berührung mit Wasser sich wieder zerlegen, ehe sie Krystallform angenommen haben.

209. Reagens auf Schwefelsäure. *Versuch.* Die bei den vorigen Versuchen erhaltenen wässerigen Flüssigkeiten röthen blaues Lackmuspapier stark und schmecken sehr sauer, sie stellen eine verdünnte Lösung von Schwefelsäure in Wasser dar. Zu einem Theile derselben wird eine Auflösung von Chlorbarium (salzsaurem Baryt) getröpfelt: es entsteht eine starke, weisse Trübung, die weder durch Kochen oder durch Zusatz von Wasser, noch durch Salpetersäure verschwindet. Der gebildete Niederschlag ist schwefelsaurer Baryt, ein Salz, welches in Wasser und Säuren ganz unlöslich ist. Man tröpfle einen Tropfen von der dünnen Säure unter ein Weinglas voll Wasser und füge wieder Barytlösung hinzu; auch bei dieser ausserordentlichen Verdünnung wird sich noch eine bemerkbare Trübung zeigen. Eine Lösung von Chlorbarium oder irgend einem anderen löslichen Barytsalze ist das empfindlichste Reagens auf Schwefelsäure und schwefelsaure Salze.

210. Darstellung im Grossen. Aehnlich wie bei dem vorletzten Versuche verfährt man auch bei der Darstellung der englischen Schwefelsäure im Grossen. Man verbrennt den Schwefel (oder auch Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende etc.) in einem Ofen und leitet die erzeugte schweflige Säure, nebst überschüssiger atmosphärischer Luft, durch ein Abzugsrohr in grosse, aus Bleiplatten erbaute Häuser oder Kammern. In der ersten oder zweiten Kammer sind Schüsseln mit Salpetersäure aufgestellt, die man von aussen langsam zufliessen lässt. Auf

den Boden der Kammern wird etwas Wasser gegossen, ausserdem aber auch noch Wasserdampf aus einem Dampfkessel in dieselben geleitet. Der erste Act der Schwefelsäurebil-

Fig. 102.



dung erfolgt durch den Sauerstoff der Salpetersäure, welche dabei successive zu Untersalpetersäure, salpetrige Säure und Stickstoffoxyd reducirt wird, wie die drei Gleichungen unter a., b., c. in 208 näher angeben. Mit dem Auftreten von **Stickstoffoxyd** beginnt der zweite, wichtigste Act der Schwefelsäurebildung, in welchem die atmosphärische Luft die Rolle des Sauerstofflieferanten übernimmt. Wie aus Nr. 193 bekannt, nimmt das Stickstoffoxyd mit grosser Begierde aus der Luft Sauerstoff auf und geht dadurch in salpetrige Säure, weiter in Untersalpetersäure über; aus NO_2 wird NO_3, weiter NO_4. Dies geschieht auch in den Bleikammern und damit erneuert sich die durch b. und c. verdeutlichte Wechselwirkung zwischen diesen Säuren und der schwefligen Säure, als deren Endproduct, ausser Schwefelsäure, wieder Stickstoffoxyd auftritt. Das Stickstoffoxyd stellt sonach den Vermittler dar, durch den die Uebertragung des atmosphärischen Sauerstoffs von der Luft zur schwefligen Säure erfolgt, und diese Botendienste verrichtet es so lange, als noch schweflige Säure und Sauerstoff vorhanden sind.

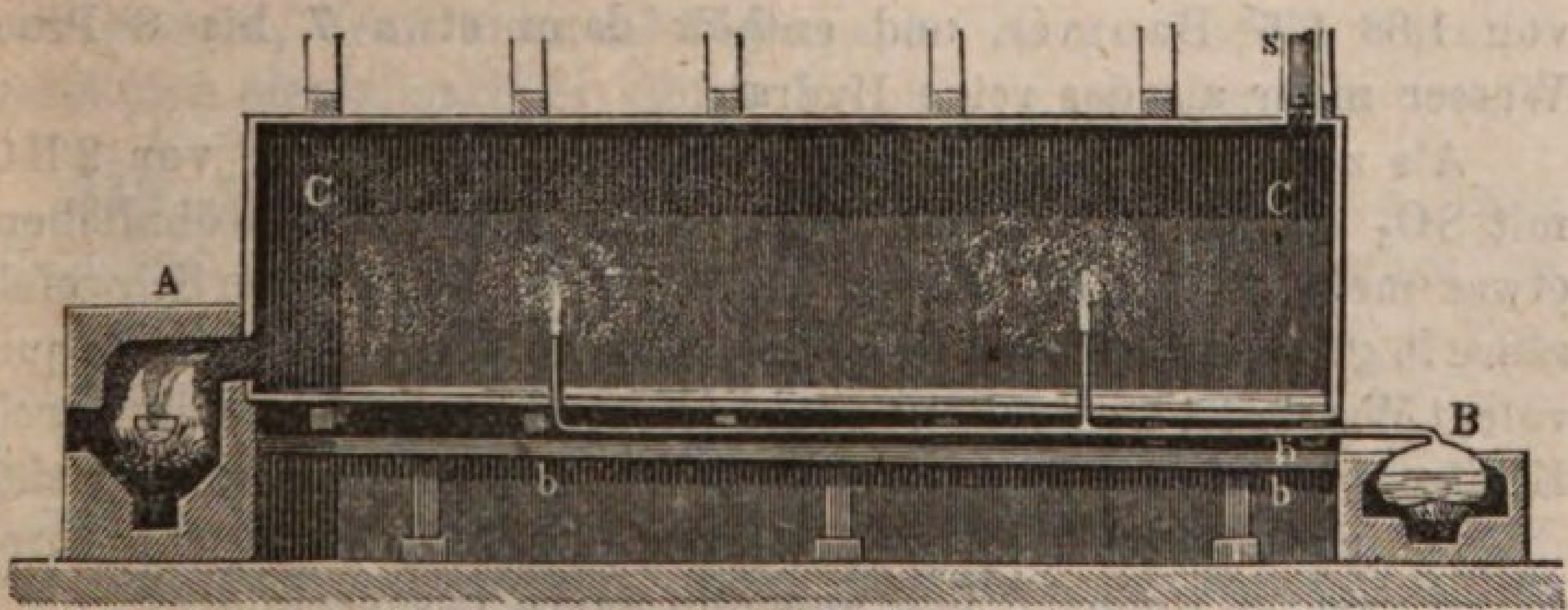
Durch dieses merkwürdige Verhalten des Stickstoffoxyds ist es möglich, mit 1 Grm. Salpetersäure aus 10 Grm. Schwefel 30 Grm. starke englische Schwefelsäure zu gewinnen. Wirkten nur die aus der Salpetersäure frei gewordenen Sauerstoffmengen, so müsste man mehr als 20 Grm. von dieser Säure anwenden,

um 30 Grm. Schwefelsäure darzustellen. Könnte man statt der atmosphärischen Luft reinen Sauerstoff in die Bleikammern bringen, so würde das Stickstoffoxyd unausgesetzt fortwirken und unbegrenzte Mengen von schwefliger Säure in Schwefelsäure umwandeln können; bei Benutzung von atmosphärischer Luft häuft sich aber der von dieser übrig bleibende Stickstoff in der letzten Kammer in solcher Menge an, dass ihm durch einen Schornstein Abzug ins Freie verschafft werden muss. Mit ihm entweicht auch das in ihm vertheilte Stickstoffoxyd, gewöhnlich in der Form von salpetriger Säure, die sich beim Austreten aus dem Schornstein zu Untersalpetersäure oxydirt und dem abziehenden Rauche eine braungelbe Farbe ertheilt.

Zur Wiedergewinnung der werthvollen salpetrigen Säure lässt man in vielen Fabriken die abziehende letzte Kammerluft durch einen mit Koaks gefüllten Bleithurm ins Freie treten, in welchem ein feiner Regen von starker Schwefelsäure herabrieselt. Die Schwefelsäure hält die ihr begegnende salpetrige Säure fest und bildet damit die in 208 besprochene krystallinische Verbindung, $HO, SO_3 + NO_3 . SO_3$; die ablaufende, sogenannte **Thurmsäure** ist sonach eine Lösung von sogenannten Bleikammerkrystallen in Schwefelsäure. Man zerlegt dieselbe schliesslich in der ersten Bleikammer oder einer Vorkammer durch Wasserdampf, welcher die salpetrige Säure wieder frei macht, und durch schweflige Säure, welche die letztere wieder zu Stickstoffoxyd reducirt etc.

Eine andere, hier und da noch übliche, einfache Einrichtung der Bleikammer erhellt aus Fig. 103. Sie unterscheidet sich von der vorigen dadurch, dass man statt fertiger Salpetersäure Sal-

Fig. 103.



peter (gewöhnlich Chilisalpeter) und Schwefelsäure anwendet, die man auf einem Dreifusse in den brennenden Schwefel des Ofens *A* stellt. Die aus dem Salpeter entwickelte Salpetersäure tritt hier gemeinschaftlich mit der schwefligen Säure in die Kammer *C*, während aus *B* durch die Röhren *bb* zugleich Wasserdampf in selbige einströmt und die unbrauchbaren Luftarten bei *s* entweichen. Man hat jetzt Schwefelsäurefabriken von so kolossaler Grösse, dass sie täglich einige hundert Centner fertiger Säure liefern können.

211. Schwefelsäurehydrat. Die in den Bleikammern sich bildende und mit den Wasserdämpfen verdichtende, sogenannte Kammersäure lässt man darin ein specifisches Gewicht von circa 1,5 erreichen, sie enthält dann 60 Proc. Säurehydrat und 40 Proc. Wasser. Um sie ganz in Säurehydrat, d. h. in concentrirte Schwefelsäure (mit 18 Proc. Wasser) zu verwandeln, muss das überschüssige Wasser noch entfernt werden. Dies geschieht zuerst durch Abdampfen in Bleikesseln, zuletzt durch Abdestillation in Platinblasen oder Glasretorten. Das leichter flüchtige Wasser entweicht und nimmt nur wenig Säure mit fort. Wenn das specifische Gewicht der letzteren bis auf 1,84 gestiegen ist, d. h. wenn in ein Hundertgrammgläschen 184 Grm. von der Säure hineingehen, so hört man mit dem Abdampfen auf und füllt sie in grosse Glasballons. In 100 Thln. der englischen Schwefelsäure sind zwar noch 18,4 Thle. Wasser oder auf 1 Aeq. Säure 1 Aeq. Wasser enthalten, diese werden aber von ihr so fest gehalten, dass sie durch Erhitzen nicht verjagt werden können. Man nennt sie aus diesem Grunde auch Schwefelsäurehydrat $= HO, SO_3$. Die meiste im Handel vorkommende englische Schwefelsäure hat jedoch nur ein specifisches Gewicht von 1,83 (66^0 Baumé), und enthält dann etwa 7 bis 8 Proc. Wasser mehr als das reine Hydrat.

Als zweites Hydrat sieht man eine Verbindung von $2HO$ mit SO_3 an, die sich in der Winterkälte aus der gewöhnlichen, etwas mehr als 1 Aeq. Wasser enthaltenden, englischen Schwefelsäure in grossen, farblosen Krystallen ausscheidet. Das zweite Aequivalent Wasser ist weniger fest gebunden als das erste, es kann durch Erhitzen von der Schwefelsäure entfernt werden, das erste nicht.

Die rohe Schwefelsäure ist häufig durch Untersalpetersäure, schwefelsaures Bleioxyd und arsenige Säure verunreinigt.

Versuche mit Schwefelsäure.

212. Eigenschaften der Schwefelsäure. *Versuch* a. Stellt man zur Winterszeit ein Gläschen mit Vitriolöl und ein anderes mit englischer Schwefelsäure an einen kalten Ort, so gefriert das stärkere Vitriolöl schon beim Eispunkte, die schwächere englische Schwefelsäure aber bei der Kälte unserer Winter gar nicht (erst bei — 34° C.). Ebenso geräth das Vitriolöl weit leichter ins Kochen als die englische Schwefelsäure (205).

Affinität zum Wasser. *Versuch* b. Man lasse etwas Schwefelsäure in einem offenen Gläschen an der Luft stehen: sie wird sich mit jedem Tage vermehren, denn sie zieht sehr begierig Wasser aus der Luft an. Nach Monate langem Stehen an feuchter Luft kann sie wohl 2 bis 3 mal mehr wiegen als vorher. Hierin ist der Grund zu suchen, warum Zündfläschchen so leicht wässerig werden. Man trocknet oft wasserhaltige Körper, insbesondere Luftarten, durch Schwefelsäure. Bei directer Vermischung von Schwefelsäure und Wasser ist Vorsicht nöthig (88), da hierbei eine starke Erhitzung eintritt und die scharfe Flüssigkeit leicht umher gespritzt wird. Mischt man 50 Maass Schwefelsäure mit 50 Maass Wasser, so erhält man nicht 100 Maass, sondern nur 97 Maass Flüssigkeit: es entsteht also eine Zusammenziehung oder Verdichtung; wo aber eine Verdichtung eintritt, da bemerken wir immer zugleich ein Freiwerden von Wärme. Kommt Schwefelsäure auf die Haut, so muss man diese vorher mit trocknem Papier oder Zeug abwischen und dann erst und zwar gleich mit vielem Wasser abwaschen. Dass die Erhitzung sich bis zur Verkohlung steigern kann, lässt sich wahrnehmen, wenn man auf Fliesspapier einige Tropfen Vitriolöl giesst und diesen nachher einige Tropfen Wasser zusetzt.

213. Verkohlung organischer Stoffe. *Versuch* a. Ein Stückchen Holz, in Schwefelsäure getaucht, wird schwarz, es verkohlt ebenso, als wenn wir es in eine Lichtflamme halten. Die Schwefelsäure entzieht ihm Wasserstoff und Sauerstoff, die sie zu Wasser vereinigt, der Kohlenstoff bleibt übrig. Auf diese Weise kann man Bauholz verkohlen, um es in feuchten Lagen gegen Fäulniss zu schützen. Beim Raffiniren des Brennöles wird

der Schleim des Oeles durch Schwefelsäure verkohlt. Die Schwefelsäure verkohlt und zerstört die meisten Pflanzen- und Thierstoffe.

Bewahrt man die Schwefelsäure in Flaschen mit Korkstöpseln auf, so verkohlt nicht nur der Kork, sondern es theilt sich zugleich ein Theil der abgeschiedenen Kohle der Schwefelsäure mit und färbt diese braun bis schwarz. Durch Erhitzen mit einigen Tropfen Salpetersäure verschwindet die dunkle Farbe wieder, indem der Kohlenstoff sich mit dem Sauerstoff der Salpetersäure verbindet und als Kohlensäure entweicht (Verbrennung auf nassem Wege).

Indigotinctur. *Versuch* b. Man zerreibe ein wenig Indigo zu Pulver und giesse so viel Vitriolöl darauf, dass daraus ein Brei entsteht. Nach einigen Tagen bringt man Wasser hinzu; man erhält dann eine tiefblaue Flüssigkeit, Indigolösung. Mit derselben lässt sich Wolle schön blau färben (Sächsisch-Blau); auch dient sie zur Erkennung der Salpetersäure (189). Englische Schwefelsäure löst den Indigo nur unvollständig auf. Indigo macht hiernach eine Ausnahme: obgleich ein Pflanzenstoff, wird er doch nicht durch die Schwefelsäure verkohlt.

214. Basen und Schwefelsäure. *Versuch* a. Man löse 20 Grm. Soda in warmem Wasser und setze bis zur Neutralisation verdünnte Schwefelsäure hinzu: nach dem Abdampfen bis zum Salzhäutchen schiessen beim Erkalten säulenförmige Krystalle an, die bitterlich salzig schmecken und in Wasser leicht löslich sind. Soda ist kohlensaures Natron (NaO, CO_2); die Kohlensäure wird durch die stärkere Schwefelsäure verdrängt und entweicht brausend, in der Flüssigkeit aber bleibt schwefelsaures Natron (Glaubersalz) zurück. Fast in jedem Quellwasser sind kleine Mengen von löslichen schwefelsauren Salzen enthalten; unlösliche oder schwerlösliche finden sich in der Natur oft zu ganzen Bergen angehäuft, z. B. Gyps.

Bleioxyd und Schwefelsäure. *Versuch* b. 10 Grm. Bleiglätte werden mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und dann nach und nach 5 Grm. englischer Schwefelsäure zugesetzt: es bildet sich nach einiger Zeit ein weisser, unlöslicher Körper. Die Säure vereinigt sich mit dem Oxyd zu schwefelsaurem Bleioxyd; dieses ist ein unlösliches Salz.

Kupferoxyd und Schwefelsäure. *Versuch* c. 10 Grm. Kupferasche, wie sie bei den Kupferschmieden abfällt, werden mit 40 Grm. Wasser und dann nach und nach mit 14 Grm. Schwefelsäure vermischt und an einen warmen Ort gestellt; man erhält eine blaue Lösung, aus der sich später blaue, schiefe (rhombische) Krystalltafeln ausscheiden. Gewöhnlich sind die Kanten dieser Tafeln abgestumpft, wodurch die schmalen Seiten das Ansehen eines Daches erhalten. Kupferasche ist Kupferoxyd; dieses verbindet sich mit der Säure zu schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol), einem löslichen Salze. Unter dem Namen Vitriol hat man sich immer ein schwefelsaures Metalloxyd zu denken. Beim Scheuern der kupfernen oder eisernen Gefässe mit Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugesetzt wird, geschieht dasselbe: die Gefässe werden, weil sich das Oxyd, welches die Gefässe blind macht, in der Säure löst, schneller blank und rein, als durch das Reinigen mit blossem Wasser.

215. Metalle und Schwefelsäure. *Versuch.* Man lege einen kleinen eisernen Nagel in ein Probirgläschen und betröpfle ihn mit 20 Tropfen englischer Schwefelsäure: er wird nicht angegriffen. Bringt man aber tropfenweise Wasser hinzu, so entsteht, wenn ungefähr 4 bis 5mal so viel Wasser dabei ist, als Säure, ein lebhaftes Brausen und eine Auflösung des Eisens. Die starke Säure lässt sich in eisernen Kesseln selbst bis zum Kochen erhitzen, keineswegs aber die verdünnte. Dass bei diesem Versuche Wasserstoff entweicht und Eisenvitriol zurückbleibt, ist bekannt (87, 96). Das Eisen wird zu Oxydul, nicht durch den Sauerstoff der Säure, sondern durch den des Wassers. Ebenso verhalten sich Zink und Zinn. Zur Auflösung solcher Metalle hat man demnach verdünnte Säure anzuwenden. Es giebt aber auch Metalle, die sich nur in starker Säure lösen, z. B. Kupfer, Silber etc.; davon Näheres bei der schwefligen Säure.

216. Schwefelsäure düngt. Mengt man Schwefelsäure mit der 1000fachen Menge Wassers und giesst diese Flüssigkeit auf Wiesen und Felder, so bemerkt man oft eine vermehrte Fruchtbarkeit der letzteren. Diese rührt daher, weil die Schwefelsäure manche Erdarten zersetzt und auflöslich macht, wodurch schwefelsaure Salze, Gyps u. a. entstehen, die von den Pflanzen aufgesogen werden und deren Wachsthum befördern. Eine nur

100fach verdünnte Schwefelsäure bewirkt das Gegentheil, und kann dazu dienen, um Sandgänge etc. von Gras zu befreien.

2. Schweflige Säure oder monothionige Säure (SO_2).

(Aeq.-Gew. = 32. — Specif. Gew. des Gases = 2,25.)

217. Bereitung. Dieses farblose, stechende, durch starke Kälte flüssig, ja fest zu machende Gas bildet sich nicht nur beim Verbrennen des Schwefels, sondern es kann auch aus der Schwefelsäure dargestellt werden, wenn dieser 1 Aeq. Sauerstoff entzogen wird.

Versuch. In ein Kochfläschchen (s. Fig. 99) bringt man 10 Grm. Kupferstückchen und 40 Grm. englische Schwefelsäure und leitet das beim Erhitzen entweichende Gas (SO_2) in ein mit Wasser gefülltes, 100 C. C. fassendes Gläschen (wegen der Vorsicht dabei s. 99); es wird von dem Wasser in grosser Menge aufgenommen und ertheilt ihm einen sauren Geschmack und einen stechenden Geruch, dem von brennendem Schwefel gleich. 1 Maass Wasser kann gegen 30 bis 40 Maass schweflige Säure auflösen. Wird das Gas nicht mehr verschluckt, so stellt man ein mit Sodaauflösung gefülltes Fläschchen unter; diese absorbirt das Gas gleichfalls und bildet damit schwefligsaures Natron, während die Kohlensäure der Soda entweicht. Das gebildete Salz schiesst nach hinlänglichem Abdampfen in weissen Krystallen an; dasselbe riecht durchaus nicht nach schwefliger Säure, wohl aber dann, wenn man etwas verdünnte Schwefelsäure darauf giesst, welche sich mit dem Natron verbindet und die schwächere schweflige Säure austreibt. Setzt man die Schwefelsäure zu einer Lösung dieses Salzes, so lässt sich diese als Bleichflüssigkeit benutzen. Bei längerem Stehen an der Luft geht die in Wasser gelöste schweflige Säure allmälig in Schwefelsäure über.

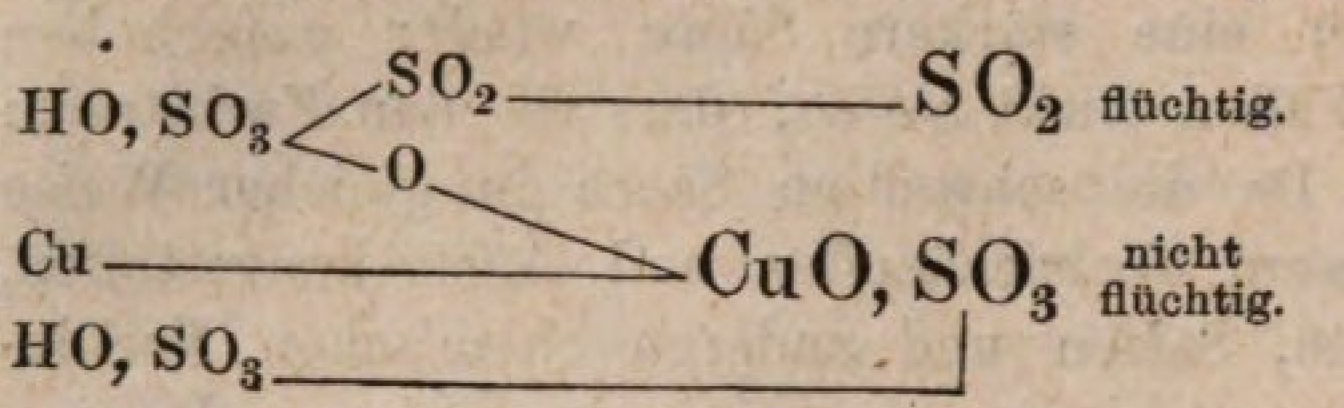
218. Schweflige Säure bleicht. *Versuch.* Man schüttle einige Blauholzspäne mit warmem Wasser und giesse dann zu der erhaltenen dunkeln Flüssigkeit etwas schwefligsaures Wasser: es wird sogleich eine Entfärbung derselben eintreten. Die schweflige Säure bleicht Pflanzenfarben. Stroh, Wolle, Seide und Darmsaiten, also insbesondere thierische Stoffe, werden ganz allgemein mit schwefliger Säure gebleicht, am einfachsten auf

die Weise, dass man dieselben, mit Wasser angefeuchtet, in einer Kammer, oder im Kleinen in einem Kasten aufhängt und einen Napf mit brennendem Schwefel auf den Boden dieser Räume stellt. Recht schön kann man die entfärbende Kraft dieser Säure auch wahrnehmen, wenn man eine Rose oder Päonie (Pfingstrose) über einen brennenden Schwefelfaden hält. Giesst man zu der entfärbten Blauholzflüssigkeit einige Tropfen starker Schwefelsäure, so kommt die frühere dunkelrothe Farbe wieder zum Vorschein; der Farbstoff ist also durch die schweflige Säure nicht völlig zerstört worden, wie durch Chlor, sondern er ist mit der letzteren nur zu einer farblosen Verbindung zusammengetreten, die durch eine stärkere Säure wieder aufgehoben wird. In anderen Fällen wirkt sie so, dass sie den Farbstoffen Sauerstoff entzieht. Da die schweflige Säure in gleicher Weise im Stande ist, gewissen übelriechenden und Ansteckungsstoffen, wie manchen Säuren, Salzen und anderen chemischen Verbindungen, Sauerstoff wegzunehmen, so wird sie auch als Desinfectionsmittel und als kräftiges Desoxydationsmittel benutzt.

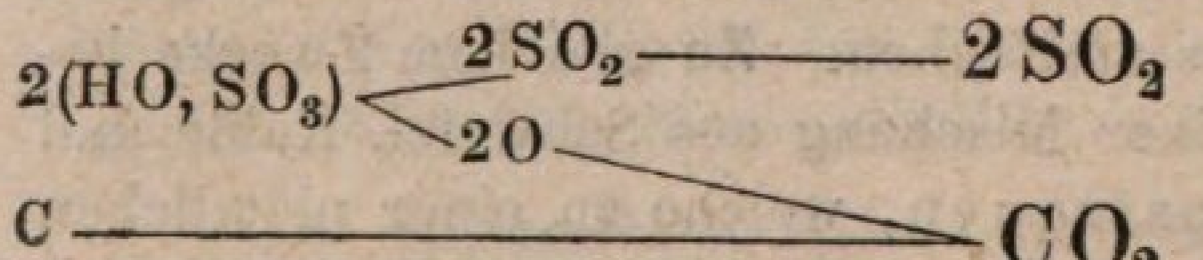
219. Schweflige Säure löscht Feuer aus. *Versuch.* Hält man einen brennenden Holzspan über brennenden Schwefel oder in ein Gefäss, in dem sich schwefligsaures Gas befindet, so verlischt er, ähnlich wie in Stickstoff oder Kohlensäure. Das Fortbrennen wird in diesen Luftarten verhindert, weil sie keinen freien Sauerstoff enthalten. Das Auslöschen glimmender Schornsteine durch ein Schwefelbund, das man unter demselben anzündet, erklärt sich nun leicht: das schwefligsaure Gas steigt in der Esse empor und verdrängt die darin befindliche atmosphärische Luft; der glimmende Russ kommt dadurch ausser Berührung mit freiem Sauerstoff und muss auslöschen. Zu gleichem Zwecke benutzt man auch die mit einer Mischung aus Schwefel, Kohle und Salpeter gefüllten Löschpatronen, welche zu einer plötzlichen Entwickelung von schwefliger Säure, Kohlensäure und Stickstoff Anlass geben.

220. Vorgang bei Versuch 217. Es ist nun noch zu untersuchen, was aus dem Kupfer und der Schwefelsäure geworden ist, woraus man die schweflige Säure darstellte.

Versuch. Wenn der Rückstand in dem Kochfläschchen erkaltet ist, so giesst man Wasser hinzu und erhitzt gelind bis zum Kochen, das man so lange unterhält, bis die ganze Salzmasse zergangen ist. Die Flüssigkeit sieht dunkel und trübe aus, weil feine Kohlentheilchen, die fast in jedem Metalle enthalten sind, darin herumschwimmen; sie wird aber schön blau und durchsichtig, wenn man sie filtrirt. Lässt man sie langsam erkalten, so scheiden sich ansehnliche blaue Krystalle von schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol) aus; man erhält also dasselbe Salz, welches durch Auflösen von Kupferasche in Schwefelsäure gewonnen wurde. Der Sauerstoff, durch den das Kupfer sich oxydirte, kam hier von der Schwefelsäure; die Hälfte derselben gab 1 Aeq. Sauerstoff an das Kupfer ab und wurde dadurch zu schwefliger Säure, die andere Hälfte aber verband sich mit dem entstandenen Kupferoxyd. Könnte das Kupfer, wie das Eisen, durch den Sauerstoff des Wassers oxydirt werden, so würden statt 40 Grm. schon 20 Grm. Schwefelsäure für 10 Grm. Kupfer ausgereicht haben. Um Kupfervitriol zu bereiten, ist es demnach vortheilhafter, das Kupfer zuvor durch Glühen an der Luft in Oxyd zu verwandeln und letzteres in Schwefelsäure aufzulösen. Dem Kupfer ähnlich verhalten sich von den bekannteren Metallen Silber und Quecksilber. Sollen diese in Schwefelsäure gelöst werden, so wendet man concentrirte Säure an.



221. Schwefelsäure zerlegt durch Kohle. Braucht man grössere Mengen von schwefliger Säure zur Bereitung von Lösungen oder Salzen, so stellt man sich dieselbe am billigsten durch Erhitzen von englischer Schwefelsäure mit grobgestossener Holzkohle dar, deren Kohlenstoff, gleich dem Kupfer, der Schwefelsäure 1 Aeq. Sauerstoff entzieht, so dass sich ein Gemenge von schwefliger Säure und Kohlensäure entwickelt. Die mit aufgenommene Kohlensäure bringt



keinen Nachtheil und wird zuletzt von der schwefligen Säure wieder ausgetrieben.

222. In den zwei hier besprochenen Verbindungen des Schwefels mit dem Sauerstoff finden immer folgende Mengenverhältnisse statt:

16 Grm. Schwefel u. 24 Grm. Sauerstoff oder 1 Aeq. S u. 3 Aeq. O geben SO_3
16 „ „ „ 16 „ „ „ 1 „ S „ 2 „ O „ SO_2

Weitere Verbindungen sind:

Unterschwefelsäure (Dithionsäure)	= 2	Aeq.	S	und	5	Aeq.	O	oder	S_2O_5
Unterschwefl. Säure (dithionige S.)	= 2	„	S	„	2	„	O	„	S_2O_2
Trithionsäure	= 3	„	S	„	5	„	O	„	S_3O_5
Tetrathionsäure	= 4	„	S	„	5	„	O	„	S_4O_5
Pentathionsäure	= 5	„	S	„	5	„	O	„	S_5O_5

Phosphor und Sauerstoff.

1. Phosphorsäure (PO_5)

(Aeq.-Gew. = 71.)

— 1769 von Gahn und Scheele in den Knochen nachgewiesen. —

223. Bereitung aus Phosphor. Wenn Phosphor an der Luft oder in Sauerstoff mit Flamme verbrennt, so entsteht ein weisser, saurer Rauch, der Phosphorsäure heisst (67). Dabei vereinigen sich immer 31 Grm. Phosphor mit 40 Grm. Sauerstoff, oder 1 Aeq. Phosphor mit 5 Aeq. Sauerstoff; diese Säure erhält also die Formel PO_5. In einem trocknen Glase verdichtet sich dieser Rauch zu einem weissen Pulver (Phosphorsäure-Anhydrid), welches an der Luft zerfliesst und im Wasser zergeht (HO,PO_5), denn die Phosphorsäure ist hygroskopisch und im Wasser leicht löslich. Eine solche Lösung kann man auch erhalten, wenn man Phosphor längere Zeit mit Salpetersäure kocht. Beim Verbrennen giebt die Luft, beim Kochen mit Salpetersäure diese letztere den Sauerstoff her.

224. Bereitung aus Knochen. Wir finden aber auch schon fertige Phosphorsäure in manchen Körpern, insbesondere

in den Knochen der Säugethiere und Vögel und können sie daraus darstellen.

Versuch. Man legt einen gewogenen Knochen in ein Ofenfeuer und lässt ihn darin einige Stunden glühen: er wird erst schwarz, dann wieder weiss. Man nimmt ihn jetzt aus dem Feuer und wägt ihn wieder: er ist ungefähr um ein Drittel leichter geworden. Was beim Brennen verloren gegangen, war Knorpel oder Leim, der durch die Hitze erst verkohlte, dann verbrannte, d. h. sich in Luftarten verwandelte, welche sich verflüchtigten; die übrig gebliebenen nicht flüchtigen Theile heissen Knochenerde, oder weissgebrannte Knochen, und bestehen zum grössten Theile aus phosphorsaurem Kalk. Man stösst diese nun in einem Mörser zu einem feinen Pulver. 15 Grm. davon werden dann in einem Gläschen mit einer Mischung aus 10 Grm. Schwefelsäure und 60 Grm. Wasser übergossen, einige Tage lang an einen warmen Ort gestellt und während dieser Zeit öfters umgerührt. Hierauf giesst man die dickliche Masse auf Leinwand und presst die Flüssigkeit ab; diese enthält nicht mehr Schwefelsäure, sondern (kalkhaltige) Phosphorsäure. Die Schwefelsäure ist in dem weissen Rückstande zu suchen; sie hat sich mit dem Kalk verbunden und die Phosphorsäure ausgetrieben. Der schwefelsaure Kalk oder Gyps wird mit Wasser ausgewaschen und getrocknet.

Wie man sieht, ist die Schwefelsäure auf nassem Wege stärker als die Phosphorsäure. In der Glühhitze verhält es sich umgekehrt; wird Gyps mit Phosphorsäure geglüht, so muss die Schwefelsäure ausziehen. So ausserordentlich wechseln die Affinitäten bei verschiedener Temperatur. In starker Hitze sind immer diejenigen Säuren am stärksten, welche am schwersten flüchtig werden; zu diesen gehört die Phosphorsäure, denn sie verdampft erst beim Weissglühen. Dampft man die erhaltene Phosphorsäure ein, so erhält man sie (noch etwas kalkhaltig) zuerst als eine syrupartige Flüssigkeit, zuletzt als eine glasartige, feste Masse.

225. Phosphorsäure in organischen Körpern und dem Boden. Ein erwachsener Mensch hat in seinem Körper ungefähr

9	bis	12	Pfund	Knochen, darin
6	"	8	"	Knochenerde, darin
5	"	7	"	phosphorsauren Kalk, darin
2¼	"	3	"	Phosphorsäure, darin
1	"	1⅓	"	Phosphor.

Phosphorsaure Salze finden sich ausserdem auch im Blute, Fleische und in anderen Körpertheilen. Woher nimmt nun unser Körper diesen Phosphor? Antwort: aus dem Fleische und den Pflanzen, die wir geniessen. In allen Pflanzen finden sich phosphorsaure Salze, in besonders reichlicher Menge in den Samen derselben. Wie aber gelangen die Pflanzen zu diesen Salzen? Durch den Erdboden. Enthält ein Ackerland keine solchen Salze, so kann kein normales Pflanzenwachsthum und insbesondere keine Samenbildung in ihm stattfinden; vermehren wir ihre Menge dadurch, dass wir gemahlene Knochen oder andere phosphorsäurereiche Düngemittel unter die Ackererde mischen, so setzen wir die letztere in den Stand, eine grössere Menge von Körnern hervorzubringen. Wir haben also in den Knochen ein kräftiges Düngemittel. Dass auch der in ihnen enthaltene Leim zum Wachsthume beiträgt, wird später zur Sprache kommen.

226. Isomere Modificationen der Phosphorsäure. Die Phosphorsäure bietet die Eigenthümlichkeit dar, dass sie sich mit 1, 2 und 3 Aeq. Wasser und ebenso mit 1, 2 und 3 Aeq. Basis verbinden kann und in diesen drei Zuständen verschiedene Eigenschaften zeigt. Man unterscheidet aus diesem Grunde:

1. Einbasische oder a-Phosphorsäure (Metaphosphorsäure = HO, PO_5); solcher Art ist die durch Verbrennen des Phosphors erzeugte und in Wasser gelöste Säure. Sie fällt eine Lösung von Baryt und Eiweiss.

2. Zweibasische oder b-Phosphorsäure (Pyrophosphorsäure = $2HO, PO_5$); sie entsteht aus der dreibasischen Säure durch vorsichtiges Erhitzen oder durch glühendes Schmelzen des dreibasischen phosphorsauren Natrons. Sie fällt Baryt und Eiweiss nicht; in Silberlösung bildet sie einen weissen Niederschlag.

3. Dreibasische oder c-Phosphorsäure (gewöhnliche Phosphorsäure = $3HO, PO_5$). Dies ist die in den Knochen wie

in den Naturkörpern überhaupt vorkommende Phosphorsäure, in welche auch die ersten zwei Modificationen sich beim Erhitzen ihrer Lösungen nach und nach umwandeln. Erhitzt man dagegen die trockne c-Phosphorsäure, so giebt sie etwas über 200⁰ 1 Aeq. Wasser ab und wird zu b-Phosphorsäure; bis zum Glühen erhitzt geht noch 1 Aeq. Wasser fort und es entsteht a-Phosphorsäure, welche ihr Aequivalent Wasser auch in der Glühhitze nicht verliert. Das dritte Aequivalent Wasser ist sonach weniger fest gebunden als das zweite und das zweite weniger fest als das erste, wie dies schon die Schwefelsäurehydrate zeigten. Sie fällt Baryt und Eiweiss ebensowenig als Nr. 2, bildet aber in Silberlösung einen gelben Niederschlag. Genauere Reagentien sind molybdänsaures Ammoniak, welches beim Erwärmen gleichfalls einen gelben Niederschlag erzeugt, und ammoniakalische Magnesialösung, welche einen weissen, krystallinischen Niederschlag (phosphorsaure Ammoniak-Magnesia) liefert.

Isomer nennt man solche Verbindungen, welche einerlei Elemente in einerlei Gewichtsmengen enthalten, dabei aber doch in ihren Eigenschaften sich ganz unähnlich sind (*iso* — gleich, *mer* — Bestandtheil).

Phosphorige und unterphosphorige Säure.

227. Die phosphorige Säure (PO_3), welche auf 1 Aeq. Phosphor nur 3 Aeq. Sauerstoff enthält, bildet sich vorzugsweise, wenn Phosphor langsam verbrennt, d. h. ohne Erhitzung Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, wie dies schon bei 157 gezeigt wurde.

Eine Verbindung von gleichen Aequivalenten Phosphor und Sauerstoff (PO) wird unterphosphorige Säure genannt. Des beim unvollständigen Verbrennen des Phosphors sich bildenden gelbrothen Körpers, sonst Phosphoroxyd genannt, ist schon 159 gedacht worden.

In den Säuren des Phosphors finden sich folgende Mengenverhältnisse:

31	Grm.	Phosphor	u.	40	Grm.	Sauerstoff	oder	1	Aeq.	P	u.	5	Aeq.	O	geben	PO_5
31	„	„	„	24	„	„	„	1	„	P	„	3	„	O	„	PO_3
31	„	„	„	8	„	„	„	1	„	P	„	1	„	O	„	PO

Chlor und Sauerstoff.

228. Das Chlor hat nur eine schwache Affinität zum Sauerstoff; es kann mit ihm nur auf Umwegen und mit Hülfe starker Basen, die mit den erzeugten Säuren sogleich zu Salzen zusammentreten, verbunden werden. In freiem Zustande zerfallen diese Säuren sehr leicht, häufig unter Explosionserscheinungen.

1. Unterchlorige Säure heisst eine Verbindung von 2 Maass oder 1 Aeq. Chlor mit 1 Aeq. Sauerstoff (ClO), welche sich dadurch auszeichnet, dass sie alle Pflanzenfarben zerstört. Sie zerfällt nämlich äusserst leicht in freies Chlor und freien Sauerstoff. Sie ist das Bleichende in dem bekannten Chlorkalk.

2. Chlorsäure hat auf 1 Aeq. Chlor 5 Aeq. Sauerstoff, also die Formel ClO_5. Da sie so reich an Sauerstoff ist, und diesen beim Erhitzen sehr leicht freilässt, so wendet man ihre Salze oft an, um sich Sauerstoff zu verschaffen, oder um andere Körper mit Sauerstoff zu verbinden (sie zu oxydiren). Das bekannteste Salz dieser Art ist das chlorsaure Kali, welches schon zu mehren der früheren Versuche angewendet wurde.

3. Weitere Verbindungen sind: Chlorige Säure $= ClO_3$, Unterchlorsäure ClO_4 und Ueberchlorsäure $= ClO_7$.

Brom und Jod verhalten sich ähnlich wie Chlor, sie geben mit dem Sauerstoff eigenthümliche Säuren, als: Bromsäure, Jodsäure, Ueberjodsäure u. a.; diese Säuren müssen aber hier übergangen werden. Fluor vereinigt sich gar nicht mit dem Sauerstoff.

Cyan und Sauerstoff.

229. Das Cyan, welches, obgleich aus zwei Elementen (Kohlenstoff und Stickstoff) zusammengesetzt, sich doch ganz wie ein einfacher Körper, und zwar wie ein Salzbilder verhält, giebt mit Sauerstoff eine einbasische, flüssige, stark sauer und stechend riechende Säure, die Cyansäure (CyO oder C_2NO), ausgezeichnet durch ihre leichte Zersetzbarkeit. Schon bei gewöhnlicher

Temperatur verwandelt sie sich in eine polymere weisse, porcellanartige Masse (Cyamelid), die durch Erhitzung wieder in Cyansäure übergeht. Mit Wasser verdünnt, zersetzt sie sich in Kohlensäure und Ammoniak. Ein ähnliches Verhalten zeigen auch die Salze derselben, von denen insbesondere das cyansaure Ammoniak dadurch bemerkenswerth ist, dass es sich beim Erwärmen seiner Lösung in Harnstoff umwandelt.

Eine zweite aus Cyan und Sauerstoff bestehende Verbindung heisst Cyanursäure (Cy_3O_3); sie ist fest, krystallisirbar, dreibasisch und auch in ihren übrigen Eigenschaften von der Cyansäure verschieden, obwohl sie mit ihr isomer, d. h. procentisch gleich zusammengesetzt ist. Man nennt solche Verbindungen, bei denen sich dieselben Elemente in zweifachen, dreifachen, vierfachen und mehrfachen Aequivalenten mit einander vereinigen, polymere. Die organische Chemie, welcher streng genommen auch die Cyansäure und Cyanursäure, wie die folgende Knallsäure angehören, ist überaus reich an polymeren Verbindungen.

Die in dem Knallquecksilber, Knallsilber u. a. enthaltene zweibasische Knallsäure kann als eine Verbindung von Cyansäure und Untersalpetersäure mit einem dritten (organischen) Körper angesehen werden; im freien Zustande kennt man sie noch nicht, da sie alsbald in andere Producte zerfällt. Ihre heftige, an den Zündhütchen wahrnehmbare Explosionskraft ist wahrscheinlich, wie bei anderen Nitrokörpern, der Untersalpetersäure zuzuschreiben.

Bor und Sauerstoff.

Borsäure oder Boraxsäure (BO_3).

(Aeq.-Gew. = 35.)

230. Darstellung. *Versuch.* Man löse in einem Porcellanschälchen 20 Grm. Borax in 60 Grm. kochendem Wasser auf und tröpfle zu der Lösung so lange Salzsäure, bis die Flüssigkeit stark sauer reagirt: bei ruhigem Erkalten setzen sich schuppige Blättchen von Borsäure ab, die man durch nochmaliges Lösen und Krystallisiren reinigt. Im Borax ist die Borsäure mit einer Basis, mit Natron, verbunden; die stärkere Salzsäure bemächtigt sich dieses Natrons und bildet damit salzsaures Natron (oder

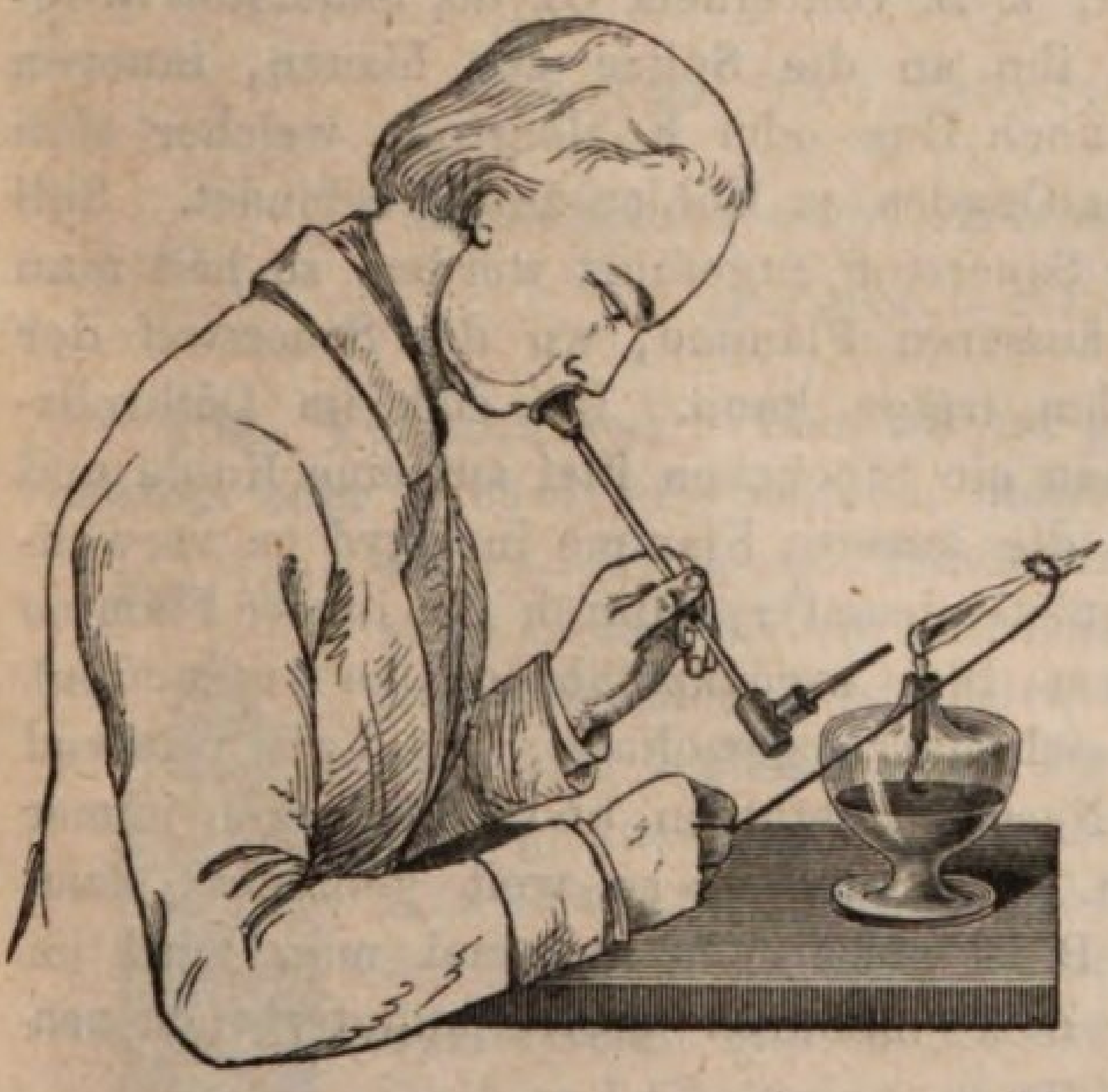
Chlornatrium und Wasser), welches aufgelöst bleibt, während die schwerer lösliche Borsäure aus der Flüssigkeit herauskrystallisirt. In Italien dringen an einigen Orten heisse Wasserdämpfe aus der Erde, welche Borsäure mit sich führen; aus diesen gewinnt man jetzt grosse Quantitäten dieser Säure, indem man sie in Wasserbassins leitet, wo sie sich, und mit ihnen zugleich die Borsäure verdichten.

Fig. 104.



231. Borsäure schmilzt zu Glas. *Versuch.* Man biegt einen fingerlangen dünnen Platindraht an dem einen Ende so um, dass er daselbst einen Haken oder ein Oehr bildet, befeuchtet ihn an dieser Stelle mit der Zunge und taucht ihn in Borsäure, damit einige kleine Krystalle daran hängen bleiben. Bläst man jetzt mit einem Löthrohr in die Flamme eines Lichtes und hält die Borsäure so in den seitwärts abgelenkten Flammenkegel, dass sie von der Spitze des letzteren getroffen wird, so schmilzt sie zuerst unter Aufblähen in ihrem Krystallwasser zu einer schwammigen Masse, dann in der Glühhitze zum zweiten Male zu einer durchsichtigen Glasperle. Ein Verdampfen findet dabei nicht statt, denn die Borsäure gehört zu den feuer-

Fig. 105.



beständigen Körpern. Wird die angefeuchtete Glasperle mit Kreide, Bleiglätte oder Eisenrost bestäubt und abermals bis zum Schmelzen erhitzt, so vereinigen sich diese Körper aufs Innigste mit der Borsäure und werden von ihr aufgelöst und gleichfalls verglast. Die meisten Verbindungen der Borsäure mit Basen werden in der Hitze glasartig-amorph, d. h. sie schmelzen zu einem bald weissen, bald gefärbten Glase zusammen.

232. Löthrohr. Das Löthrohr ist ein vortreffliches Instrument, um Körper im Kleinen zu verflüchtigen, zu glühen, zu schmelzen, zu oxydiren oder zu reduciren. In der Löthrohrflamme findet ein doppeltes Verbrennen statt: im Inneren durch die Luft, welche man in dieselbe bläst, und ausserhalb durch die äussere atmosphärische Luft. Hierdurch entstehen zwei Lichtkegel, ein kleiner innerer von blauer Farbe, und ein grosser äusserer von gelblichem Ansehen; den ersteren nennt man die Reductionsflamme, den letzteren die Oxydationsflamme. Will man von einem Körper, z. B. von einem Oxyde, Sauerstoff wegnehmen, so hält man ihn an die Spitze der blauen, inneren Flamme; in dieser ist noch Russ oder Kohlenstoff, welcher sich mit dem Sauerstoff des Oxydes zu Kohlensäure verbindet. Soll dagegen einem Körper Sauerstoff zugeführt werden, so hält man ihn an die Spitze der äusseren Flamme, wo der Sauerstoff der Luft ungehindert zu ihm treten kann. Um sich im Löthrohrblasen zu üben, legt man ein Stückchen Blei auf eine Kohle und sucht es zuerst durch die äussere Flamme in Oxyd zu verwandeln, später aber das entstandene Oxyd durch die innere Flamme wieder zu metallischem Blei zurückzuführen (zu reduciren). Uebrigens muss man sich daran gewöhnen, die Luft während des Blasens durch die Nase einzuathmen und die Backen immer aufgeblasen zu erhalten. Hat man es so weit gebracht, dann strengt das Blasen die Brust nicht mehr an, und man wird im Stande sein, längere Zeit hindurch einen ununterbrochenen Luftstrom hervorzubringen.

233. Verdunstung der Borsäure. *Versuch.* Reibt man Borsäure in einem Mörser mit Weingeist zusammen und zündet den letztern an, so brennt er mit grüner Flamme. Auf diese Weise lässt sich die Borsäure leicht erkennen. Hierbei verflüchtigt sich etwas von dieser Säure mit den Weingeist-

dämpfen; und doch ist dieselbe ein feuerbeständiger Körper, wie wir bei dem vorigen Versuche gesehen haben. Einen ähnlichen Widerspruch findet man auch bei anderen Körpern: sie sind für sich allein geglüht vollkommen unflüchtig, sie verdampfen aber doch, und oft schon bei sehr niedrigen Temperaturen, wenn sie sich in Gesellschaft eines anderen Körpers befinden, welcher leicht flüchtig ist. In dem vorliegenden Falle ist also der Weingeistdampf die Ursache der Verflüchtigung der Borsäure. Heisser Wasserdampf kann grosse Mengen von feuerbeständiger Kieselsäure flüchtig machen und mit sich fortführen. Mit den Wasserdämpfen, die vom Meere in die Luft steigen, verflüchtigt sich fortwährend Kochsalz, welches mit dem Regenwasser wieder niedergeschlagen und auf diese Weise über die ganze Erde verbreitet wird.

Die Borsäure ist, wie die Phosphorsäure, auf nassem Wege eine sehr schwache Säure, in der Glühhitze dagegen eine der stärksten.

Kiesel und Sauerstoff.

Kieselsäure oder Kieselerde (SiO_2).

(Aeq.-Gew. = 30.)

234. Vorkommen. Was wir im gewöhnlichen Leben Kieselstein oder Kieselerde nennen, heisst in der Chemie Kieselsäure. Im Quarz, Sandstein, Bimsstein und Feuerstein finden wir sie ziemlich rein, in dem Bergkrystall oft schön krystallisirt, in sechsseitigen Säulen oder sechsflächigen Pyramiden, und so durchsichtig, dass man Schmucksteine, sogenannte böhmische Diamanten, daraus schleift. Der rothe Carneol, der violette Amethyst, der grüne Chrysopras, der bunte Achat und Jaspis, der braune Rauchtopas, der Opal und Chalcedon, diese bekannten Schmucksteine, bestehen gleichfalls aus Kieselerde; die Farben derselben rühren meistens von beigemengten Metalloxyden her. Der gewöhnliche Sand ist durch Eisenoxydhydrat (Rost) gelb oder braun gefärbte Kiesel-

Fig. 106.



erde. In diesem natürlichen Zustande ist die Kieselerde so hart, dass sie mit dem Stahl Funken giebt, und ganz unlöslich in Wasser und Säuren (ausser in Flusssäure). Es mag vielleicht Manchem sonderbar scheinen, dass man Körper, wie unsern gewöhnlichen Streusand oder unsere Kieselsteine, zu den Säuren rechnet. Der Grund, warum dies geschieht, ist lediglich in dem Verhalten derselben gegen Basen zu suchen; mit diesen kann sich nämlich die Kieselerde zu Salzen verbinden, ganz so, wie es die anderen Säuren thun.

235. Basen und Kieselsäure. *Versuch.* Man koche in einem Porcellanschälchen 5 Grm. von gestossenem Feuerstein und 10 Grm. Aetzkali mit 50 Grm. Wasser einige Zeit, indem man das durch die Verdampfung fortgehende Wasser ersetzt; dann lasse man die Mischung in einem verstopften Gläschen durch Absetzen sich klären. Ein Theil des Steinpulvers hat sich in der Kalilauge gelöst und bildet mit derselben eine dickliche, molkige (opalisirende) Flüssigkeit. Setzt man zu derselben Salzsäure, so entsteht ein dicker, kleisterartiger Niederschlag von amorpher Kieselsäure; verdünnt man dagegen die Flüssigkeit vorher mit einer grossen Menge Wasser und neutralisirt dann erst das Kali durch Salzsäure, so bleibt dieselbe klar und die Kieselsäure gelöst. Diese Löslichkeit verliert sich aber, so wie die Lösung bis zur Trockne verdampft wird, und die Kieselsäure stellt dann ein weisses Pulver dar, von dem das Wasser nichts mehr auflöst. Wie man sieht, kann also die Kieselsäure in zwei ganz von einander verschiedenen isomerischen Modificationen auftreten: a. krystallinisch oder derb und unlöslich, auch in kochender Kalilauge, wie wir sie in den meisten Kieselsteinen und Silicaten antreffen; b. amorph, wie sie im Opal, Chalcedon und Feuerstein, ferner in Pflanzen, Thieren und in Quellwässern vorkommt. Diese letztere wird von kochender Kalilauge und in statu nascenti auch von Wasser und Säuren gelöst.

Kieselglas. Vollkommner können wir die Verbindung der Kieselsäure mit den Basen durch Schmelzung hervorbringen. Die meisten der so erhaltenen kieselsauren Salze oder Silicate sind amorph; wir nennen sie Gläser; die Natur liefert uns aber auch zahlreiche Krystallisirte Silicate, als Feldspath, Glimmer, Hornblende, Granat u. v. a. Die Kieselsäure hat in ersterer Hin-

sicht die grösste Aehnlichkeit mit der Borsäure, der sie auch darin gleicht, dass sie, obgleich auf nassem Wege eine überaus schwache Säure, in der Hitze doch, ihrer Feuerbeständigkeit wegen, alle anderen Säuren an Stärke übertrifft. Für sich allein kann die Kieselsäure nur durch die Hitze des Knallgasgebläses zum Fluss gebracht werden.

236. Kieselsäure in Quellen und Pflanzen. Fast alle unsere Quellen, wie alle unsere Pflanzen, enthalten kleine Quantitäten von Kieselsäure. Dampfen wir ein Quellwasser ab, so finden wir sie in dem unlöslichen Rückstande; verbrennen wir eine Pflanze, so behalten wir sie in der Asche. Insbesondere reich daran sind die Blätter der Gräser und Getreidearten. In dem Schachtelhalm (Equisetum) ist so viel Kieselerde, dass man ihn zum Glattschleifen von Holz anwenden kann; ebenso in dem bekannten Scheuerkraut, welches man auf dem Lande häufig zum Putzen von Glas und Metall anwendet. Selbst im Thierreiche treffen wir Kieselsäure an, namentlich in der Region der kleinen Thiere, die man nur durch das Vergrösserungsglas erkennen kann; die Gehäuse oder Panzer vieler Infusorien sind aus Kieselsäure gebildet.

Bisher galt die Kieselsäure als SiO_3; giebt man ihr diese Formel, so ist ihr Aeq.-Gew. = 45 und das des Siliciums = 21.

Kieseloxyd oder Siliciumoxyd = SiO ist nur auf künstlichem Wege darzustellen; es stellt ein weisses Pulver dar, welches durch Sauerstoffaufnahme leicht in Kieselsäure übergeht.

Rückblick auf die Sauerstoffsäuren.

1) Die meisten Verbindungen der Metalloide mit Sauerstoff sind Säuren (saure Oxyde); das mit dem Sauerstoff verbundene Metalloid heisst das Radical der Säure (Säureradical).

2. Die meisten Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff sind Basen (basische Oxyde); das mit Sauerstoff verbundene Metall heisst das Radical der Basis (Basenradical = R).

3) Die Säuren röthen das blaue Probirpapier, die Basen bläuen das rothe (wenn sie löslich sind).

4) Die Säuren haben einen sauren Geschmack, die Basen einen laugenhaften oder basischen (wenn sie löslich sind).

5) Wenn Säuren und Basen sich mit einander verbinden, so verschwinden sowohl die sauren als die basischen Eigenschaften (Neutralisation) und es entstehen neue Körper, Salze; diese schmecken salzig, wenn sie im Wasser löslich sind, dagegen haben sie gar keinen Geschmack, wenn sie sich im Wasser nicht lösen können.

6) Die Säure ist als der elektronegative, die Basis als der elektropositive Bestandtheil eines Salzes anzusehen.

7) Das Hauptkennzeichen der Säuren ist: dass sie sich mit Basen zu Salzen verbinden; wir rechnen daher alle Körper zu den Säuren, welche dies vermögen, selbst wenn sie nicht sauer schmecken und nicht sauer reagiren. Dasselbe gilt auch von den Basen.

8) Die meisten Säuren sind einbasische, d. h. 1 Aeq. davon verbindet sich mit 1 Aeq. Basis, wenn letztere 1 Aeq. Sauerstoff enthält. Es giebt aber auch zweibasische Säuren, welche stets 2 Aeq. Basis aufnehmen, und dreibasische, welche stets 3 Aeq. Basis aufnehmen.

9) Die meisten Säuren sind mit einer bestimmten Menge Wasser chemisch verbunden, und zeigen ihre sauren Eigenschaften erst in dieser Verbindung (Hydrate). Manche Säuren können ohne Wasser gar nicht bestehen (Constitutionswasser). Durch beliebige Zumischung von noch mehr Wasser erhalten wir die verdünnten Säuren. Wasserfreie Säuren heissen Anhydride; diese erlangen ihre sauren Eigenschaften erst, wenn sie durch Wasseraufnahme zu Hydraten geworden sind.

10) Ein und dasselbe Säureradical kann oft mit ungleichen, aber immer fest bestimmten, in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehenden Mengen von Sauerstoff mehre Säuren bilden.

11) Die Säuren haben eine verschiedene Affinität zu den Basen: manche eine grössere, z. B. Schwefelsäure, andere eine geringere, z. B. Kohlensäure; die ersteren nennt man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche starke, die letzteren schwache Säuren. Schwache Säuren können durch stärkere aus ihren Verbindungen ausgetrieben werden.

12) Die nichtflüchtigen Säuren sind meistens in der Hitze (auf trocknem Wege) stärker, bei gewöhnlicher Temperatur

(auf nassem Wege) aber schwächer als die flüchtigen Säuren. Die Stärke der Affinität ändert sich also mit der Temperatur.

13) Die bisher betrachteten Säuren werden im engeren Sinne Sauerstoffsäuren genannt, weil sie sämmtlich Sauerstoff enthalten und durch diesen ihre sauren Eigenschaften bekommen.

14) Kohlensäure, Salpetersäure, Schwefelsäure etc. sind Säuren mit einfachem Radical (C, N, S); Cyansäure und Cyanursäure sind Säuren mit zusammengesetztem Radical (C_2N oder Cy).

15) Die Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit Basen heissen im engeren Sinne Sauerstoffsalze; die mit der Säure verbundene Basis heisst das Salzradical (RO, R_2O_3 etc.).

Zweite Gruppe: Wasserstoffsäuren

oder

Verbindungen der Halogene mit Wasserstoff.

237. Wie der Sauerstoff sich mit den Nichtmetallen zu Säuren verbindet, so kann auch der Wasserstoff einige derselben in Säuren umwandeln, aber nicht alle. Nur die fünf Halogene: Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, werden auch durch den Wasserstoff gesäuert. Der Sauerstoff war im Stande, mit einem und demselben Nichtmetalle mehre Säuren zu bilden, mit dem Schwefel z. B. Schwefelsäure, schweflige Säure etc., mit dem Stickstoff Salpetersäure, salpetrige Säure etc.; der Wasserstoff bringt mit jedem der genannten Haloide nur eine einzige Säure hervor, er verbindet sich mit ihnen nur in einem einzigen Verhältnisse.

Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure (HCl).

(Aeq.-Gew. = 36,5. — Specif. Gew. des Gases 1,26.)

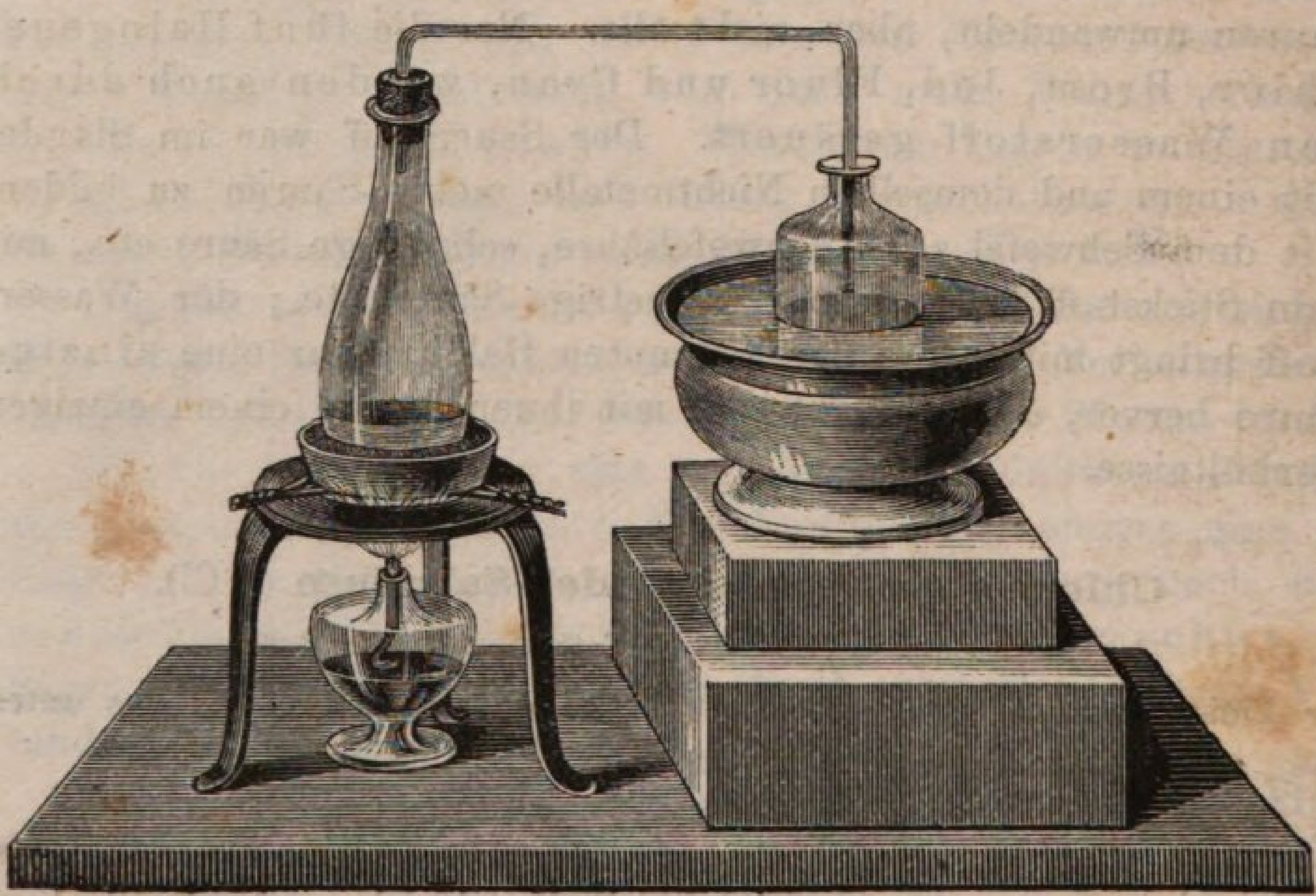
— Lange bekannt; 1772 von Priestley als eigenthümliches Gas unterschieden; Bestandtheile 1810 von Davy nachgewiesen. —

238. Chlorwasserstoffgas. *Versuch.* In eine Porcellantasse schütte man eine Messerspitze voll Kochsalz und giesse etwas

Schwefelsäure darauf: es entweicht unter Brausen eine rauchende Luftart, die stechend riecht, sauer schmeckt und angefeuchtetes blaues Probirpapier roth färbt; diese Luftart heisst salzsaures oder Chlorwasserstoffgas. Giesst man etwas Salmiakgeist auf einen Holzspan und fährt mit diesem über dem Schälchen hin und her, so entsteht ein dicker, weisser Nebel, und der Geruch, sowohl der saure des salzsauren Gases, als der heftige des Salmiakgeistes, verschwindet. Die sauren Dämpfe werden durch die in dem Salmiakgeist enthaltene flüchtige Basis neutralisirt; es bildet sich ein geruchloses Salz (salzsaures Ammoniak), und zwar in so feiner Zertheilung, dass es in der Luft schwimmt. Man kann auf diese Weise leicht erkennen, ob eine Luft Salzsäure oder, wenn man umgekehrt verfährt, Ammoniak enthält, wie zugleich diese Dämpfe, die für das Athmen beschwerlich und der Gesundheit nachtheilig sind, unschädlich machen und aus der Luft entfernen.

239. Flüssige Chlorwasserstoffsäure. *Versuch.* Man mische in einer Kochflasche vorsichtig 6 Grm. Wasser mit 35 Grm. Schwefelsäure und schütte, nachdem die Mischung vorher wieder kalt geworden ist, 20 Grm. Kochsalz hinzu. Auf die

Fig. 107.

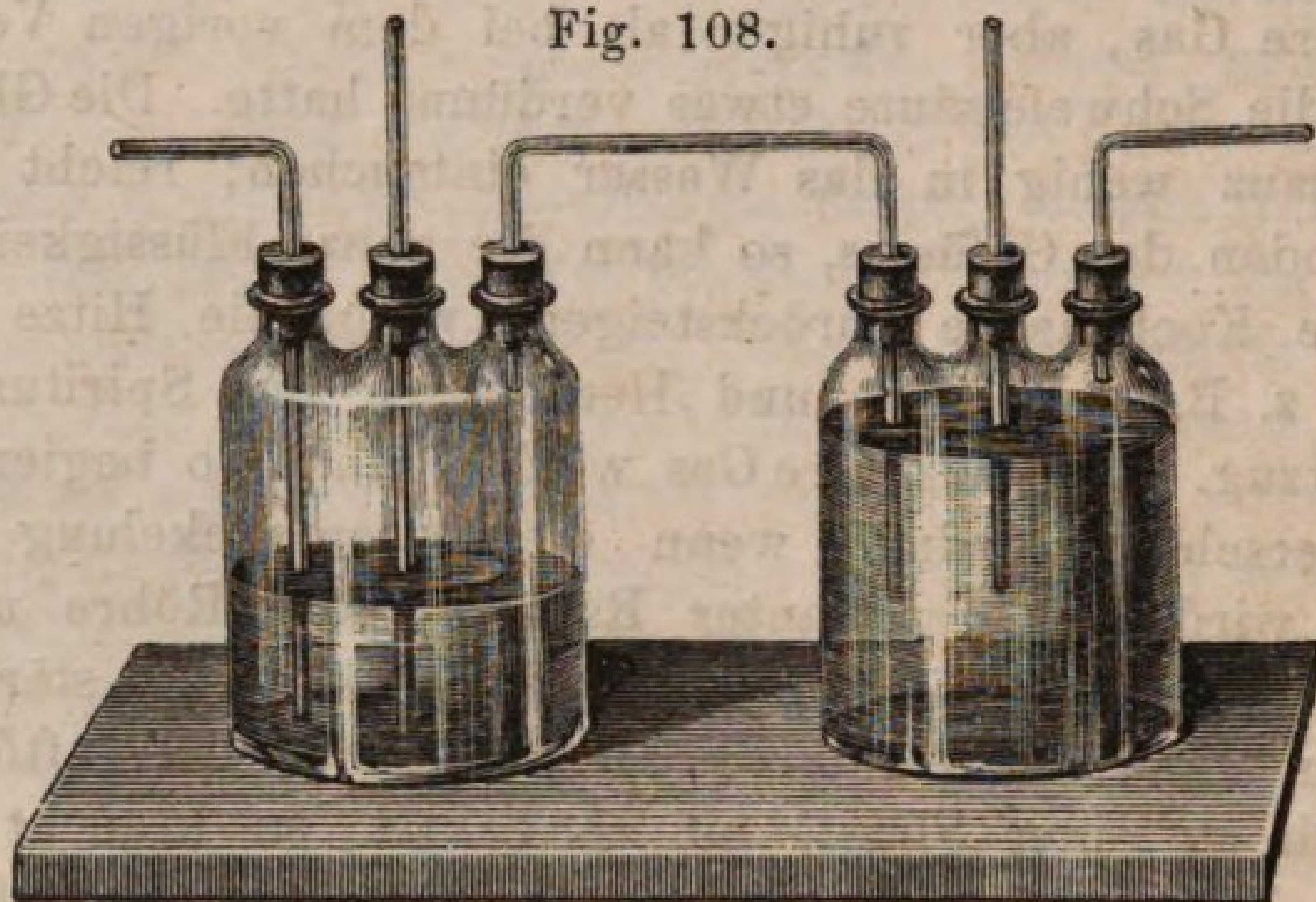


Kochflasche kommt ein Kork mit einer Glasröhre, deren längeres Ende in ein Gläschen geht, in dem sich 40 Grm. Wasser befinden. Erhitzt man die erstere in einem Sandbade, so entweicht das salzsaure Gas, aber ruhiger als bei dem vorigen Versuche, weil man die Schwefelsäure etwas verdünnt hatte. Die Glasröhre darf nur ganz wenig in das Wasser eintauchen; reicht sie bis auf den Boden des Gefässes, so kann die ganze Flüssigkeit plötzlich in die Kochflasche zurücksteigen, wenn die Hitze einmal nachlässt, z. B. beim Hin- und Herflackern der Spiritusflamme durch Luftzug. Das salzsaure Gas wird nämlich so begierig vom Wasser verschluckt, dass, wenn die Gasentwickelung einmal schwächer wird, ein verdünnter Raum in der Röhre und der Kochflasche entsteht; die äussere Luft drückt dann stärker auf das Wasser und treibt es in die Höhe. Wenn ein luftförmiger Körper sich zu einer Flüssigkeit verdichtet, so braucht er die gebundene Wärme, durch welche er zu Gas oder Dampf wurde, nicht mehr und diese wird daher frei. Hieraus folgt, dass das Wasser, in dem sich das salzsaure Gas verdichtet oder auflöst, bald warm werden muss. Warmes Wasser kann aber viel weniger Gas aufnehmen als kaltes; man muss daher, um eine starke Auflösung von salzsaurem Gas zu erhalten, das Gläschen in ein Gefäss mit kaltem Wasser stellen. Hat sich die Flüssigkeit in der Vorlage hinlänglich vermehrt, so zieht man eins der Untersetzbrettchen heraus, damit die Röhre wieder nahe an die Oberfläche komme. Die gewonnene Auflösung von salzsaurem Gas schmeckt und reagirt sehr sauer; sie heisst Chlorwasserstoffsäure, im gewöhnlichen Leben Salzsäure. Ein Maass Wasser kann über 400 Maass salzsaures Gas absorbiren; die so erhaltene starke Salzsäure hat 1,19 specif. Gew. und raucht an der Luft, weil ein Theil des Gases entweicht. Erhitzt man sie bis zum Kochen, so entweicht die Hälfte davon, und eine nur halb so starke Säure bleibt übrig; diese ist aber immer noch etwas schwerer als Wasser.

240. Rohe Salzsäure. Die im Handel vorkommende Salzsäure ist gewöhnlich gelb und mit schwefliger Säure, Schwefelsäure, Chlor, Chloreisen, auch wohl mit Chlorarsen verunreinigt. Dieselbe wird ebenfalls aus Kochsalz und Schwefelsäure dargestellt, statt der Glasgefässe aber nimmt man grosse eiserne Cy-

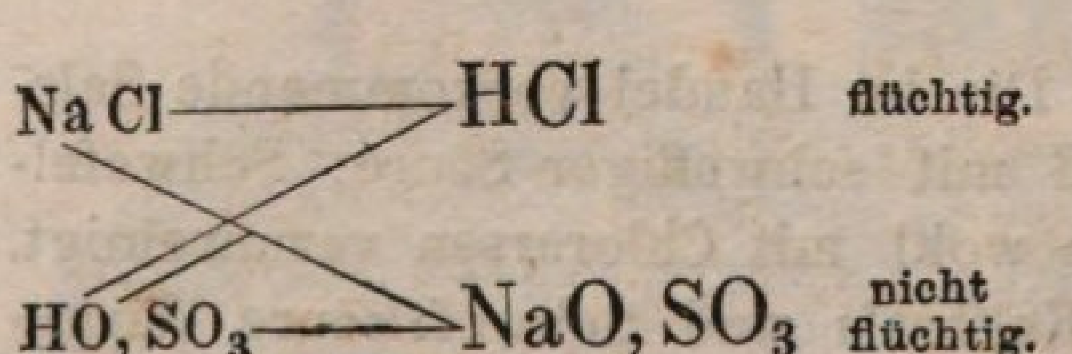
linder, in welche man wohl einige Centner Kochsalz auf einmal bringen kann. Das Gas leitet man in mehre mit einander ver-

Fig. 108.



bundene Flaschen oder Krüge, die mit Wasser angefüllt sind. Zuerst nimmt das Wasser der ersten Flasche so viel Chlorwasserstoffgas auf, als es vermag; ist es gesättigt, so geht das Gas in die zweite, dann in die dritte Flasche u. s. w. Dies ist eine sehr bequeme Methode, um Gasarten durch Flüssigkeiten zu leiten. Man nennt solche Gefässe, die gewöhnlich zwei oder drei Oeffnungen haben, Woulf'sche Flaschen. Das gerade Rohr in dem mittelsten Halse dient als Sicherheitsrohr, d. h. es verhindert das Zurücksteigen der Flüssigkeiten; entsteht ein verdünnter Raum in einer Flasche, so tritt durch dieses Rohr Luft in dieselbe hinein.

241. Bildung der Chlorwasserstoffsäure. Das Kochsalz besteht, wie schon bekannt, aus Chlor und Natrium; kommt zu diesem Wasser, so nimmt das Chlor Wasserstoff, das Natrium Sauerstoff von demselben auf, und es entsteht chlorwasserstoffsaures Natriumoxyd. Dieses wird durch die stärkere Schwefelsäure zersetzt, welche sich mit der Basis verbindet und die Chlorwasserstoffsäure austreibt. Das schwefelsaure Natron (Glaubersalz) bleibt als ein weisses Salz zurück; aus ihm stellt man die wichtige Soda dar.



Die **Bestandtheile** der luftförmigen Salzsäure sind Chlor und Wasserstoff zu gleichen Aequivalenten, sie wird also mit HCl bezeichnet. 2 Vol. H und 2 Vol. Cl geben 4 Vol. HCl.

Füllt man ein Glas halb mit Chlor und halb mit Wasserstoff voll und stellt es an einen dunklen Ort, so erfolgt keine Vereinigung, im Tageslicht erfolgt sie allmälig, im Sonnenlicht augenblicklich. Die Vereinigung ist im letzten Falle von einer heftigen Verpuffung begleitet, die oft das Glas zerschmettert; es ist daher nicht rathsam, diesen Versuch anzustellen. Er zeigt aber, dass auch das Licht manche Körper nöthigt, sich chemisch mit einander zu verbinden. Dass Chlorwasser im Licht Chlorwasserstoffsäure liefert, ist aus 172 bekannt.

Versuche mit Chlorwasserstoffsäure.

242. Metalle und Chlorwasserstoffsäure. *Versuch* a. Man werfe einige **eiserne Nägel** in ein kleines Kochfläschchen und giesse etwas Chlorwasserstoffsäure darauf: es entsteht ein lebhaftes Aufbrausen. Hat dies einige Minuten gewährt, so halte man einen brennenden Span an die Oeffnung des Glases: das entweichende Gas brennt, es ist Wasserstoff. Die Säure wird zerlegt, ihr zweiter Bestandtheil, das Chlor, verbindet sich mit dem Eisen. Das Eisen verschwindet, es löst sich auf, d. h. es vereinigt sich mit dem Chlor, und diese Verbindung ist löslich. Wenn das Brausen nachlässt, so erwärmt man das Glas durch heisses Wasser und giesst den Inhalt nachher auf ein Filtrum von weissem Fliesspapier. Die durchgelaufene Flüssigkeit wird an einen kühlen Ort gestellt; es setzt sich aus derselben ein Salz in grünlichen Krystallen ab, welches **Eisenchlorür** (FeCl), d. h. Eisen mit der geringsten Menge von Chlor, genannt wird.

Wie das Eisen, so werden auch viele andere Metalle in Salzsäure aufgelöst und in Salze (Chlormetalle) verwandelt.

243. Metalloxyde und Chlorwasserstoffsäure. *Versuch* b. In einem Probirgläschen übergiesse man **Eisenrost** mit Chlorwasserstoffsäure: er löst sich auf, aber ohne Gasentwickelung. Hier trifft der Wasserstoff der Säure einen Körper an, mit dem er sich verbinden kann, nämlich den Sauerstoff des Eisenoxyds; er vereinigt sich mit ihm zu Wasser. Die gelb-

braune Auflösung, welche schwer zum Krystallisiren zu bringen ist, giebt beim Eindampfen eine braune Salzmasse, die Eisenchlorid (Fe_2Cl_3) heisst. Dieses Salz enthält um die Hälfte mehr Chlor als die vorige. Die Salzsäure wird sehr oft zum Auflösen von Metalloxyden angewendet.

Dieselbe Verbindung, Eisenchlorid, erhält man, wenn man einige Krystalle von dem nach 242 gewonnenen Eisenchlorür in wenig Wasser auflöst und Chlorwasser zusetzt: die grünliche Flüssigkeit verwandelt sich in eine gelbe und giebt beim Verdampfen braunes Eisenchlorid. Das Chlor des Chlorwassers tritt hierbei an das Eisenchlorür und macht es zu Chlorid.

244. Natron und Chlorwasserstoffsäure. *Versuch* c. Man löse etwas Soda in Wasser auf: die Lösung macht rothes Probirpapier blau, sie reagirt basisch. Zu der Auflösung tröpfle man nach und nach Salzsäure: es wird ein Zeitpunkt eintreten, wo sie weder das rothe, noch das blaue Papier ändert. Die Salzsäure kann, ganz auf dieselbe Weise wie eine Sauerstoffsäure, Basen neutralisiren. Stellt man die Flüssigkeit an einen warmen Ort, so bleibt endlich ein Salz in kleinen Würfeln zurück. Durch diese Gestalt und durch den Geschmack erkennt man leicht, dass es Kochsalz ist. Auch hier hat sich der Sauerstoff der Basis mit dem Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser verbunden, das Chlor aber mit dem Natrium zu Kochsalz. Die Kohlensäure der Soda entweicht unter Aufbrausen.

245. Reagens auf Chlorwasserstoffsäure. *Versuch* d. In ein Liter Wasser tröpfle man einen Tropfen Salzsäure und dann einige Tropfen Silberauflösung (aufgelösten Höllenstein): es entsteht eine weisse Trübung, in reinem Wasser nicht. Diese Trübung rührt von Chlorsilber her, welches ganz unlöslich in Wasser und Salpetersäure ist, dagegen durch Salmiakgeist leicht aufgelöst wird. Silberauflösung ist das genaueste Erkennungsmittel der Salzsäure und der salzsauren Salze.

Haloidsalze.

246. Ganz so wie Chlor verbinden sich auch die vier anderen Salzbilder oder Halogene mit Metallen zu Salzen; man nennt diese Art von Salzen Haloidsalze. Wie gezeigt worden, können sie dargestellt werden:

1) Durch Zusammenbringen eines Salzbilders mit einem Metalle (174).
2) Durch Auflösen eines Metalles in einer Wasserstoffsäure (242).
3) Durch Auflösen eines Metalloxydes in einer Wasserstoffsäure (243).

Wer die zwei zuletzt erwähnten Fälle aufmerksam betrachtet, findet es vielleicht auffallend, warum man nicht annimmt, es verbinde sich die Salzsäure ohne weitere Zersetzung mit der Basis, gerade so, wie es bei der Schwefelsäure und den übrigen Sauerstoffsäuren angenommen wird. Dies kann um deswillen nicht allgemein geschehen, weil viele Haloidsalze, wenn sie ganz trocken sind, weder Sauerstoff noch Wasserstoff enthalten. Das völlig getrocknete Kochsalz z. B. enthält kein Chlorwasserstoff, sondern Chlor, kein Natriumoxyd, sondern Natrium, wie man durch die genauesten Untersuchungen gefunden hat. Wenn dagegen die Haloidsalze Wasser enthalten oder in Wasser gelöst sind, dann kann man sie allerdings auch so betrachten, als ob sie aus einer Basis und einer Wasserstoffsäure beständen: denn es kommt auf Eins heraus, ob man sich den Wasserstoff im Wasser oder in der Wasserstoffsäure, den Sauerstoff im Wasser oder in dem Metalloxyde denkt. Eine Kochsalzauflösung kann hiernach ebenso gut als „Chlornatrium mit Wasser", wie als „chlorwasserstoffsaures Natriumoxyd" (salzsaures Natron) angesehen werden; $NaCl + HO$ kommt mit NaO, HCl überein.

Sonst nannte man die Verbindungen des Chlors mit den Metallen allgemein salzsaure Salze. Die Namen: salzsaurer Kalk, salzsaurer Baryt, salzsaures Eisen etc. bedeuten also dasselbe wie Chlorcalcium, Chlorbarium, Chloreisen etc. Wenn sich Chlor in mehren Verhältnissen mit einem Metalle verbindet, so heisst die Verbindung mit weniger Chlor Chlorür, die mit mehr Chlor Chlorid, die mit noch mehr Chlor Superchlorür oder Superchlorid (177). Ist Wasser in ihnen enthalten oder sind sie darin aufgelöst, so kann man die Chlorüre auch als salzsaure Oxydulsalze, die Chloride als salzsaure Oxydsalze ansehen, z. B.:

Eisenchlorür und Wasser ist so viel als salzsaures Eisenoxydul:

$$(FeCl + HO = FeO, HCl);$$

Eisenchlorid und Wasser ist so viel als salzsaures Eisenoxyd: ($Fe_2Cl_3 + 3HO = Fe_2O_3 + 3HCl$).

Salpetersalzsäure oder Königswasser.

247. *Versuch.* Man bringe in ein Gläschen 5 Grm. Salpetersäure, in ein anderes 10 Grm. reine Salzsäure und lege in jedes einige Flitter von echtem Blattgold: sie lösen sich nicht auf. Schüttet man aber beide Flüssigkeiten zusammen, so verschwindet das Gold sehr bald, weil es aufgelöst wird. Das Gold gilt für den König der Metalle, daher der Name Königswasser. Dampft man die Flüssigkeit ab, so bleibt ein gelbes Salz übrig, welches aus Gold und Chlor besteht. Da die Salzsäure ihr Chlor von freien Stücken nicht an das Gold abtrat, so muss wohl die Vermuthung nahe liegen, dass sie von der Salpetersäure gezwungen wurde, dies zu thun. Der Vorgang wird leicht erklärlich, wenn man auf die Bereitung von Chlor aus Salzsäure und Braunstein zurückblickt. Die Salpetersäure wirkt gerade so auf die Salzsäure, wie der Braunstein (166); sie enthält, wie dieser, viel Sauerstoff und giebt ihn sehr leicht ab. Dies geschieht auch hier, und der freigewordene Sauerstoff entzieht der Salzsäure ihren Wasserstoff, indem er damit Wasser bildet. Es muss also Chlor frei werden, welches, als ein einfacher und starker chemischer Körper, sich sogleich mit dem ebenfalls einfachen Golde vereinigt. Die Salpetersäure wird dabei zu salpetriger Säure und Stickstoffoxyd, welche in gelben Dämpfen entweichen. Ausserdem erzeugt sich auch eine aus NO_2, Cl_2 bestehende, dunkelgelbe, gasförmige Verbindung.

Man braucht das Königswasser, um Gold und Platin aufzulösen, welche zwei Metalle von anderen Säuren nicht angegriffen werden.

Brom und Jod + Wasserstoff.

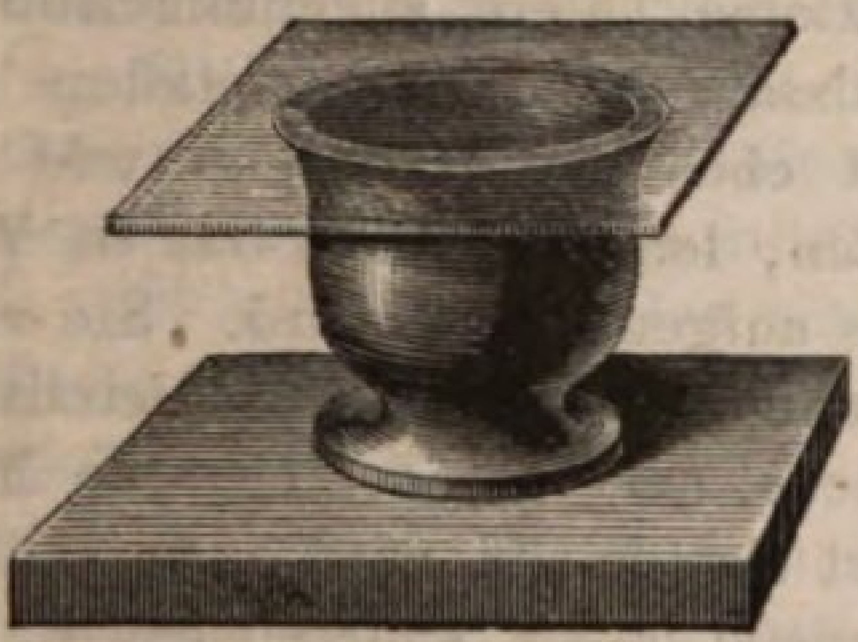
248. Brom- und Jodwasserstoffsäure (HBr und HJ). Diese beiden Säuren haben sehr grosse Aehnlichkeit mit der Salzsäure. Ihre Verbindungen mit Metallen heissen Brom- und Jodmetalle (Brom-üre und -ide, Jod-üre und -ide) oder bromwasserstoffsaure und jodwasserstoffsaure Salze, sie finden sich immer als treue Begleiter des Kochsalzes in der Natur, also in dem

Meerwasser und den Meerpflanzen, in den Salzquellen u. s. w., aber nur in sehr kleinen Mengen.

Fluorwasserstoff oder Flusssäure (H Fl).

249. Glasätzen. *Versuch.* Man stosse ein haselnussgrosses Stückchen Flussspath zu Pulver und schütte es in einen kleinen Mörser, den man zuvor mit einem geölten Papiere ausgerieben hat; dann giesse man so viel Schwefelsäure darauf, dass ein dünner Brei entsteht. Auf den Mörser deckt man ein mit Wachs überzogenes Stück Fensterglas, von dem man das Wachs an einigen Stellen durch Kritzeln mit einer Stricknadel entfernt hat. Nach einigen Stunden nimmt man den Wachsüberzug durch Abschmelzen und Abreiben mit Terpentinöl weg: die Stellen, wo das Glas bloss lag, werden geätzt erscheinen.

Fig. 109.



Flusssäure. Der Flussspath besteht aus Fluor und Calcium und wird durch die Schwefelsäure ganz auf dieselbe Weise zerlegt wie das Kochsalz; es entsteht Fluorwasserstoffsäure, gewöhnlich Flusssäure genannt, die in Dämpfen entweicht. Diese Säure hat die Eigenschaft, Kieselerde aufzulösen, sie entzieht daher letztere dem Glase da, wo es keinen schützenden Ueberzug hat, und das Glas wird dadurch rauh und matt. Man kann auf diese Weise Zeichnungen auf Glassachen hervorbringen, wie auch kieselsäurehaltige Mineralien zur Analyse aufschliessen. Leitet man die Dämpfe in Wasser, so erhält man flüssige Flusssäure, die gleichfalls zum Glasätzen und zum Aufschliessen der Silicate angewendet werden kann; man muss sich aber zu ihrer Darstellung bleierner oder platinener Geräthschaften bedienen, weil Glas- oder Porcellangefässe zerfressen werden. Zur Versendung derselben dienen Flaschen aus Guttapercha. Mit Fluorkiesel bildet die Flusssäure die als Reagens, z. B. zur Erkennung der Baryterde, dienende Kieselfluorwasserstoffsäure ($H Fl + Si Fl_2$).

Cyanwasserstoffsäure oder Blausäure (HCy).

250. Blausäure. Die grosse Aehnlichkeit, welche das aus Kohlenstoff und Stickstoff zusammengesetzte Cyan mit den Haloiden hat, giebt sich auch dadurch kund, dass es sich mit dem Wasserstoff zu einer Säure verbindet. Diese Verbindung ist die berüchtigte Blausäure oder Cyanwasserstoffsäure, von der einige Tropfen schon im Stande sind, kleine Thiere augenblicklich zu tödten. Sie wird, ähnlich der Salzsäure, aus Cyanmetallen und Schwefelsäure gewonnen und ist ebenfalls gasförmig wie die erstere. Um sie flüssig zu erhalten, leitet man das Gas in Wasser oder Weingeist, von denen es aufgenommen wird. Sie sieht dann farblos aus wie Wasser, und man erkennt sie leicht an ihrem starken, betäubenden Geruche, der dem der bitteren Mandeln sehr ähnlich ist. Sie zersetzt sich leicht, wird aber haltbar, wenn man ihr ein Minimum irgend einer anderen Säure beimischt. Ein so gefährlicher Körper darf nur von geübten Arbeitern dargestellt werden. In geringer Menge findet die Blausäure sich auch in manchen Samen, besonders in den bittern Mandeln und in den Kernen der Steinfrüchte, z. B. der Pflaumen, Kirschen, Aprikosen u. s. w.

Mit den Basen vereinigt sich die Blausäure zu Wasser und Cyanmetallen (Cyanüre und Cyanide), oder was dasselbe ist, zu blausauren Salzen. Bekannt von diesen sind besonders das gelbe Cyaneisenkalium (Blutlaugensalz) und das blaue Cyaneisen (Berlinerblau).

Rhodanwasserstoffsäure kann als eine Verbindung von Blausäure und Schwefel (Schwefelcyan + Wasserstoff) angesehen werden; sie färbt Eisenoxydsalze tief blutroth und ist das empfindlichste Reagens auf Eisenoxyd.

Rückblick auf die Wasserstoffsäuren.

1) Die Haloide oder Halogene: Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan, bilden nicht nur mit dem Sauerstoff, sondern auch mit dem Wasserstoff Säuren.

2) Die Halogene haben den **Wasserstoff** viel lieber als den Sauerstoff, sie verbinden sich daher, wenn sie die Wahl haben, immer mit dem ersteren.

3) Der Wasserstoff vereinigt sich mit den Halogenen nur in **einem Verhältnisse**, es giebt daher von jedem derselben nur eine einzige Wasserstoffsäure.

4) Die **Wasserstoffsäuren** haben sämmtlich eine gleiche Zusammensetzung; sie bestehen immer aus 1 Aeq. Halogen (Radical) und 1 Aeq. Wasserstoff.

5) Chlorwasserstoffsäure, Fluorwasserstoffsäure etc. sind Säuren mit **einfachem** Radical, Cyanwasserstoffsäure und Rhodanwasserstoffsäure solche mit **zusammengesetztem** Radical.

6) Mit den Metallen vereinigen sich die Wasserstoffsäuren zu **Chlormetallen, Brommetallen u. s. f.**, während ihr Wasserstoff entweicht.

7) Diese Verbindungen der Haloide mit den Metallen haben ganz die Eigenschaften von Salzen: man nennt sie aus diesem Grunde **Haloidsalze**.

8) Mit den Basen oder Metalloxyden vereinigen sich die Wasserstoffsäuren zu Haloidsalzen und Wasser.

9) Ist Wasser bei den Haloidsalzen zugegen, so kann man sie auch als Verbindungen von Wasserstoffsäuren mit Basen, oder als wasserstoffsaure Salze ansehen, ganz so, wie man die Sauerstoffsalze als Verbindungen von Sauerstoffsäuren mit Basen ansieht.

10) Viele Metalle können sich mit den Haloiden in mehren, gewöhnlich in zwei Verhältnissen verbinden, mit mehr (Chloride, Bromide etc.) und mit weniger (Chlorüre, Bromüre etc.); die ersteren entsprechen den Oxydsalzen, die letzteren den Oxydulsalzen.

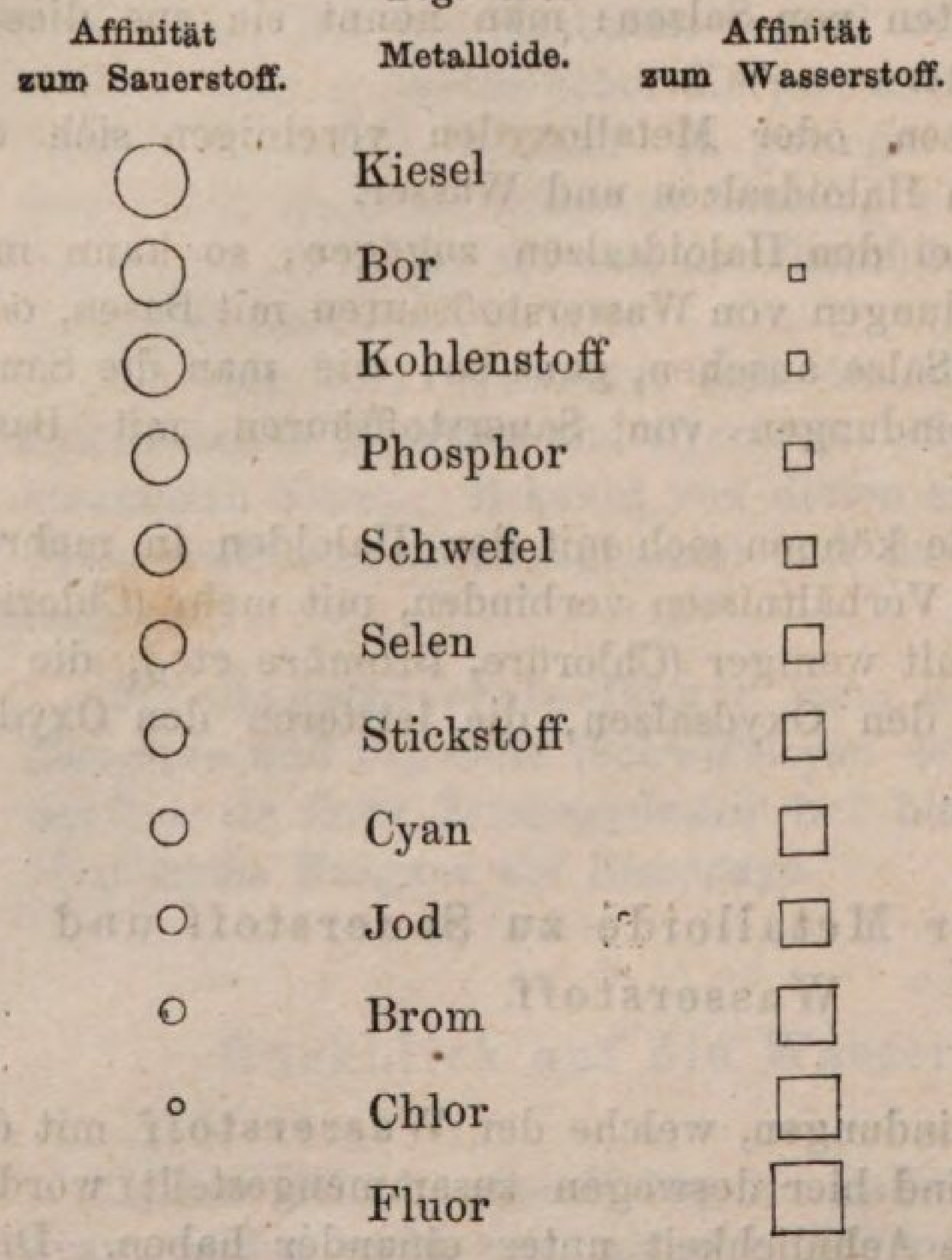
Affinität der Metalloide zu Sauerstoff und Wasserstoff.

251. Die Verbindungen, welche der **Wasserstoff** mit den Haloiden eingeht, sind hier deswegen zusammengestellt worden, weil sie die grösste Aehnlichkeit unter einander haben. Diese Verbindungen sind deutlich ausgeprägte starke Säuren. Die an-

deren Nichtmetalle können sich zwar auch mit dem Wasserstoff vereinigen, sie bilden aber damit keine Säuren, mit alleiniger Ausnahme des Schwefels, dessen Verbindung mit Wasserstoff sich allerdings auch wie eine Säure, aber nur wie eine sehr schwache verhält (147). Bei dem Stickstoff tritt sogar das Gegentheil ein; dieser bildet mit dem Wasserstoff eine Basis, das Ammoniak. Die Verbindungen der übrigen Nichtmetalle mit dem Wasserstoff, die zum Theil schon bei den einzelnen Nichtmetallen besprochen wurden, zeigen weder basische noch saure Eigenschaften, sie heissen deswegen neutrale oder indifferente (unentschiedene) Körper. Sauerstoff und Wasserstoff bilden indifferentes Wasser; Kohlenstoff und Wasserstoff indifferentes Leuchtgas und Sumpfgas; Phosphor und Wasserstoff indifferentes Phosphorwasserstoffgas etc.

Die Verbindungen, welche der **Sauerstoff** mit den Nichtmetallen oder Metalloiden eingeht, sind zwar meistens Säuren, wir finden aber auch unter ihnen einige, welche einen **indifferenten** Charakter besitzen, nämlich: das Stickstoffoxydul und -Oxyd (NO und NO_2), und das Kohlenoxydgas (CO). Wie man sieht, sind es immer die Verbindungen mit der **geringsten** Menge Sauerstoff, denen die sauren Eigenschaften abgehen; erst mit der Vermehrung des Sauerstoffs erscheinen diese letzteren, und zwar am ausgeprägtesten in den Verbindungen, welche die **grösste** Menge Sauerstoff enthalten.

Fig. 110.



Da die Verbindungen, welche die Metalloide einerseits mit dem Sauerstoff, andererseits mit dem Wasserstoff eingehen, zu den wichtigsten und interessantesten chemischen Körpern gehören, so mag hier noch durch ein Schema (Fig. 110) die freilich nur ungefähre Stärke der Affinität angedeutet werden, welche die Metalloide zu diesen beiden Elementen haben. Die Grösse der Kreise soll die Verwandtschaft zum Sauerstoff, die der Vierecke die Verwandtschaft zum Wasserstoff versinnlichen. Man wird leicht finden, dass die Freundschaft der Metalloide für den Wasserstoff in dem Maasse zunimmt, als die für den Sauerstoff abnimmt, und umgekehrt.

Dritte Gruppe. Organische Säuren.

252. Die Sauerstoffsäuren und Wasserstoffsäuren werden gewöhnlich unorganische oder Mineralsäuren genannt, weil man sie vorzugsweise im unorganischen Reiche antrifft oder aus Mineralien künstlich darstellt. Es giebt ausserdem aber noch sehr viele andere Säuren, die man in Thieren und Pflanzen entweder fertig gebildet antrifft (Ameisensäure, Citronensäure etc.), oder aus organischen Stoffen künstlich erzeugt (Milchsäure, Essigsäure etc.). Solche Säuren heissen organische, oder auch vegetabilische und animalische Säuren. Sie haben in ihren Eigenschaften und Verbindungen die grösste Aehnlichkeit mit den unorganischen Säuren, keineswegs aber in ihrer Zusammensetzung. Hier sollen nur drei derselben, eine flüchtige und zwei nichtflüchtige, als Beispiele dieser Gattung von Säuren, zur vorläufigen Betrachtung kommen; von ihrer Constitution kann erst in der zweiten Abtheilung dieses Werkes die Rede sein.

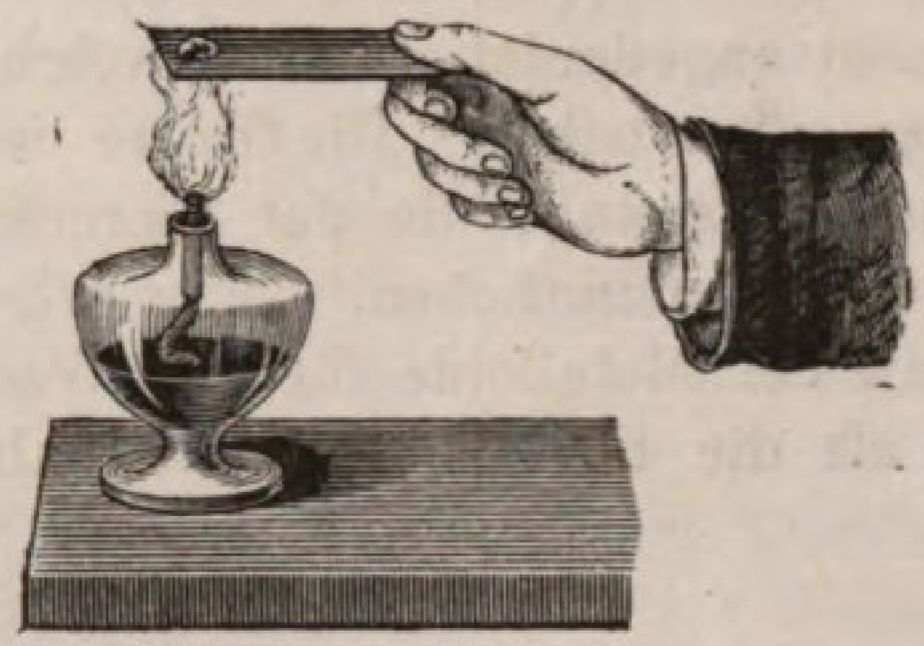
Weinsäure oder Weinsteinsäure

($2HO, \overline{T}$ oder $2HO, C_8H_4O_{10}$ oder $C_8H_6O_{12}$).

253. Weinsäure verkohlt und verbrennt. *Versuch.* Man lege von der Weinsäure, welche in schiefen Säulen krystallisirt und das Ansehen eines Salzes hat, einen kleinen Krystall auf ein dünnes Platinblech, und erhitze ihn durch die Flamme einer Spirituslampe: er wird erst schmelzen, dann braun, endlich

schwarz werden und dabei einen stark brenzlichen Geruch verbreiten. Hält man während des Verkohlens ein trocknes, kaltes Glas über die Säure, so beschlägt es mit Wassertröpfchen; es ist also Sauerstoff und Wasserstoff darin. Den schwarzen Rückstand erkennt man schon durch das blosse Ansehen als Kohle, genauer noch dadurch, dass er bei weiterem Erhitzen vollständig verbrennt. Die Weinsäure hat hiernach in der Hitze grosse Aehnlichkeit mit brennendem Holze. In der That besteht sie auch aus denselben Elementen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, nur in anderen Quantitätsverhältnissen. Alle Pflanzensäuren enthalten C, H und O (die Oxalsäure ausgenommen). Alle Pflanzensäuren verkohlen und verbrennen in der Hitze. Durch diese zwei Kennzeichen unterscheiden sich die organischen Säuren wesentlich von den unorganischen, die nur aus zwei Elementen bestehen und im Feuer weder verkohlen noch verbrennen.

Fig. 111.



254. Weinsäure fault. *Versuch.* Man übergiesse etwas Weinsäure mit wenig warmem Wasser: sie zergeht darin, denn sie ist im Wasser leicht löslich; die Lösung besitzt einen angenehmen, stark sauren Geschmack. Verdünnt man dieselbe mit mehr Wasser und stellt sie an einen mässig warmen Ort, so setzen sich Schleimflocken ab und der saure Geschmack verliert sich nach und nach, sie verfault. Auf ähnliche Weise werden alle organischen Säuren, wenn sie mit Wasser verdünnt sind, mit der Zeit zersetzt; unorganische Säuren erleiden diese Zersetzung nicht.

255. Basen und Weinsäure. *Versuch* a. Man versetze eine Lösung von Weinsäure allmälig mit Salmiakgeist: es tritt ein Moment ein, wo die sauren Eigenschaften der Weinsäure und die basischen des Salmiakgeistes verschwunden sind. Die Weinsäure kann sonach, gerade wie andere Säuren, Basen neutralisiren und damit Salze bilden. Das entstandene weinsaure Ammoniak ist leicht löslich.

Kali und Weinsäure. *Versuch* b. Zu einer Lösung von Pottasche tröpfle man bis nahe zum Neutralisationspunkte eine Lösung von Weinsäure: die Kohlensäure entweicht; die Flüssigkeit bleibt dabei klar, weil das gebildete neutrale weinsaure Kali ein leicht lösliches Salz ist. Setzt man aber noch mehr Weinsäure zu, so trübt sich die Flüssigkeit und lässt kleine durchsichtige Krystalle in Menge fallen, welche in Wasser äusserst schwer löslich sind, sauer schmecken und noch einmal so viel Säure als das neutrale Salz enthalten. Man nennt diese Krystalle saures oder zweifach weinsaures Kali, im gewöhnlichen Leben Weinstein, oder wenn sie zu Pulver gerieben sind, Cremor Tartari. Die Kalisalze können hiernach als Erkennungsmittel der Weinsäure gebraucht werden. Die Weinsäure ist eine zweibasische Säure (292 und 293).

Weinstein in der Hitze. *Versuch* c. Erhitzt man das beim vorigen Versuche erhaltene krystallinische Pulver von Weinstein auf einem Platinbleche, so schwärzt es sich und verbrennt mit brenzlichem Geruch, wie die reine Weinsäure; es bleibt jedoch zuletzt eine weisse Salzmasse übrig, welche laugenhaft schmeckt, basisch reagirt und mit Säuren wie Pottasche braust. Die Säure verbrennt, das Kali nicht; beim Verbrennen der Säure bildet sich Kohlensäure, die sich mit dem Kali verbindet; es entsteht also wirklich Pottasche oder kohlensaures Kali. Alle Salze, die eine organische Säure (gebunden an ein Alkali oder eine alkalische Erde) enthalten, werden auf gleiche Weise in der Hitze zerstört und in kohlensaure Salze umgeändert.

256. Bereitung der Weinsäure. Aus dem Weinstein, den man in grossen Quantitäten aus den Weinländern erhält, wo er sich beim Lagern der Weine als eine graue oder röthliche Salzkruste in den Fässern ausscheidet, stellt man sich allgemein die Weinsäure dar. Man könnte diesem Salze zwar auf eine einfache Weise das Kali durch Schwefelsäure entziehen, allein man würde dann zwei auflösliche Körper erhalten, die sich nicht gut von einander trennen lassen. Aus diesem Grunde ersetzt man erst das Kali durch eine andere Basis, die mit der Schwefelsäure eine unlösliche oder doch sehr schwer lösliche Verbindung giebt, nämlich durch Kalk. Kocht man Weinstein mit Wasser und fügt

Kreide hinzu, so erhält man weinsauren Kalk als ein weisses, unlösliches Pulver; wird dieser nach hinlänglichem Auswaschen einige Zeit mit Wasser und Schwefelsäure an einen warmen Ort gestellt (digerirt), so tritt die letztere an den Kalk und bildet Gyps, während die frei gewordene Weinsäure sich im Wasser löst und aus der Lösung nach dem Abdampfen herauskrystallisirt.

Solche Umwege muss der Chemiker oft einschlagen, um ein Paar Körper von einander zu trennen, die beide gleich löslich im Wasser oder in einer anderen Flüssigkeit sind.

257. Bildung der organischen Säuren. Schwefelsäure können wir in Schwefel und Sauerstoff zersetzen; aus Schwefel und Sauerstoff können wir aber auch wieder Schwefelsäure zusammensetzen. Nicht so mit der Weinsäure; da gelingt nur das Einreissen, das Wiederaufbauen liegt ausser unserer Macht. Wir können die organischen Säuren (einige vereinzelte Fälle ausgenommen) nicht aus ihren Elementen direct zusammensetzen. Dagegen hat die Wissenschaft von Jahr zu Jahr neue Wege erschlossen, dieselben durch Umwandlung anderer Pflanzenstoffe etc. künstlich nachzubilden, wie neue, in der Natur nicht vorkommende Säuren dieser Art zu erzeugen. Wie sich die organischen Säuren in den Pflanzen und Thieren bilden, wissen wir noch nicht. Bei den Pflanzensäuren nur hat man so viel ermittelt, dass sie aus Kohlensäure und Wasser, den zwei Hauptnahrungsmitteln der Vegetabilien, entstehen. Durch welche Kraft aber und auf welche Weise diese zwei Körper gezwungen werden, in dem Weinstocke zu Weinsäure, in den Früchten des Citronenbaums zu Citronensäure, in den Aepfeln zu Aepfelsäure etc. zusammenzutreten, das ist uns gänzlich unbekannt. Einstweilen muss man annehmen, dass die unbekannte Kraft, die aus dem Samenkorne Keime, Blätter und Blüthen emporwachsen lässt — wir nennen sie Lebenskraft — auch im Stande sei, chemische Processe der mächtigsten Art einzuleiten und fortzuführen. In diesem Sinne betrachten wir die organischen Säuren, wie die organischen Stoffe überhaupt, als chemische Erzeugnisse der Lebensthätigkeit der Pflanzen und Thiere.

Um die organischen Säuren kurz zu bezeichnen, setzt man über ihren Anfangsbuchstaben einen horizontalen Strich. Der

lateinische Name für Weinstein ist Tartarus, das Zeichen für Weinsteinsäure $\overline{T}$.

Oxalsäure oder Kleesäure
($2HO, \overline{O}$ oder $2HO, C_4O_6$ oder $C_4H_2O_8$).

258. Darstellung. *Versuch.* Man erhitze an einem luftigen Orte in einer Porcellanschale 5 Grm. Zucker mit 30 Grm. gewöhnlicher starker Salpetersäure und 120 Grm. Wasser: es wird nach einiger Zeit eine starke Entwickelung von gelbrothen Dämpfen (NO_3) eintreten. Erscheinen diese bei fortgesetztem Kochen nicht mehr, so stellt man die Flüssigkeit an einen kühlen Ort: es werden sich farblose Krystallnadeln, schiefe rhombische Säulen, daraus abscheiden, die man durch Umkrystallisiren reinigt. Sie reagiren stark sauer und sind giftig; man nennt sie Oxalsäure oder Kleesäure, im technischen Leben wohl auch fälschlich Zuckersäure. Die Oxalsäure enthält, wie die meisten Säuren, Wasser chemisch gebunden, ohne welches sie nicht bestehen kann. Auf Platinblech erhitzt schmilzt sie und verbrennt unter Entzündung, ohne sich zu schwärzen oder etwas zurückzulassen. Das Product der Verbrennung ist Kohlensäure und Wasser; aus C_4O_6 und $2O$ aus der Luft werden $4CO_2$.

Fig. 112.



259. Zerlegung der Oxalsäure. *Versuch.* Man übergiesse in einem Probirgläschen 1 Grm. Oxalsäure mit 3 Grm. rauchender Schwefelsäure und erwärme das Gemenge vorsichtig: es wird sich eine Luftart daraus entwickeln, die man durch Kalkwasser, welches sich in einem zweiten Probirgläschen befindet, streichen lässt. Die Hälfte des entweichenden Gases wird von dem Kalkwasser verschluckt, welches sich dadurch trübt; dies ist Kohlensäure (CO_2). Die andere Hälfte entweicht durch das offene Glasröhrchen und brennt, angezündet, mit bläulicher Flamme; dies ist Kohlenoxydgas (CO). Hört die Gasentwickelung auf, so hat man in dem ersten Gläschen englische Schwefelsäure; die Schwefelsäure hat also Wasser, nämlich das in der Oxalsäure enthaltene, chemisch gebundene Wasser, aufgenommen. Die Oxalsäure zerfällt, so wie sie ihr Wasser verliert, in die zwei erwähnten Luftarten; sie kann demnach angesehen werden als eine Verbindung

von CO_2 und $CO = C_2O_3$, oder richtiger von $2\,CO_2$ und $2\,CO = C_4O_6$. In krystallisirtem Zustande enthält sie noch Krystallwasser. Sie ist, wie die Weinsäure, eine zweibasische Säure.

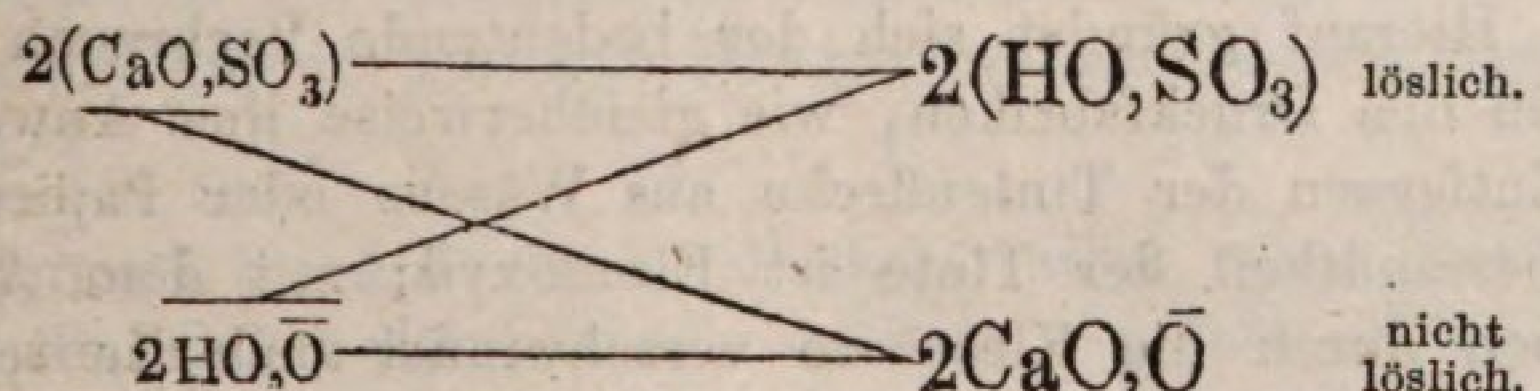
Vergleicht man diese Zusammensetzung mit der des Zuckers, so ergiebt sich, dass der Zucker noch mehr Kohlenstoff als die Oxalsäure, ausserdem aber auch noch Wasserstoff enthält; es muss demselben also ein Theil seines Kohlenstoffs und aller Wasserstoff entzogen werden, wenn er sich in Oxalsäure umwandeln soll. Dies geschah bei Versuch 258 durch den Sauerstoff der Salpetersäure, der mit ersterem Kohlensäure, mit letzterem Wasser bildete. Man kann den Vorgang hiernach als eine Verbrennung (Oxydation) auf nassem Wege ansehen. Der Zucker hat ganz genau dieselben Bestandtheile wie das Holz. Zündet man einen Holzspan an, so verbrennt im Anfange hauptsächlich Wasserstoff, weil dieser sehr leicht verbrennlich ist; zuletzt hauptsächlich Kohlenstoff, weil dieser schwerer verbrennt (132). Dieselbe Reihenfolge findet auch beim Kochen des Zuckers mit Salpetersäure statt: zuerst wird vorzugsweise der Wasserstoff, später erst der Kohlenstoff oxydirt; der letztere aber nur zum Theil, weil nicht genug Salpetersäure vorhanden ist, gerade wie auch Holz nur zum Theil verbrennt, wenn nicht genug Luft zugegen ist. Das halbverbrannte Holz verbrennt vollständig, wenn wir es länger an der Luft erhitzen; sein Kohlenstoff wird zu Kohlensäure durch den Sauerstoff der Luft. Halbverbrannter Zucker (Oxalsäure) verbrennt vollständig, wenn wir ihn mit noch mehr Salpetersäure kochen; sein Kohlenstoff wird zu Kohlensäure durch den Sauerstoff der Salpetersäure.

260. Kali und Oxalsäure. *Versuch* a. Zu einer heissen concentrirten Lösung von Pottasche tröpfle man eine heisse concentrirte Lösung von Oxalsäure, bis zur Neutralisation: es bildet sich neutrales oxalsaures Kali, ein leicht lösliches Salz. Setzt man nun noch einmal so viel Oxalsäure zu, als man gebraucht hat, so erhält man beim Erkalten harte Krystalle, die sauer reagiren und sich schwerer in Wasser lösen als das neutrale Salz; sie heissen saures oder zweifach oxalsaures Kali. Das neutrale Salz erhält die Formel $2\,KO, \overline{O} + 2\,HO$ oder $\left.\begin{matrix}KO\\KO\end{matrix}\right\}, C_4O_6 + 2\,HO$. Das saure Salz erhält die Formel $KO, HO, \overline{O} + 2\,HO$ oder $\left.\begin{matrix}KO\\HO\end{matrix}\right\}, C_4O_6 + 2\,HO$. Das saure oxalsaure Kali wird auch durch

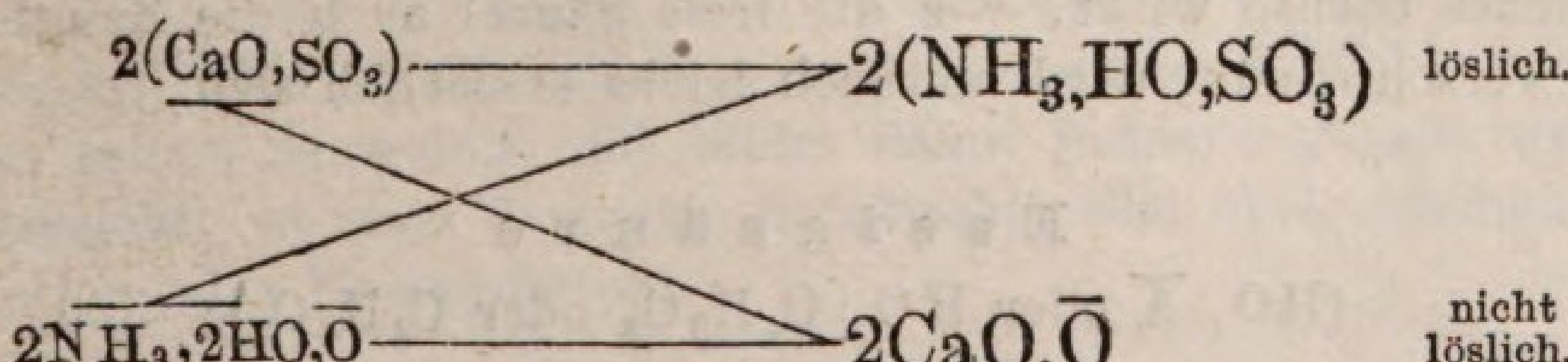
den Lebensprocess mancher Pflanzen gebildet, es findet sich insbesondere reichlich in den Blättern des Sauerklees (Oxalis) und wurde sonst aus diesen gewonnen. Hieraus erklärt sich der gewöhnliche Name desselben: Kleesalz (Oxalium), und der Name: Klee- oder Oxalsäure. Das saure Salz ist viel schwerer löslich als das neutrale.

Versuch b. Man erhitze etwas Kleesalz auf einem Platinbleche: es wird ebenso wie der Weinstein, nur ohne Verkohlung oder Schwärzung, in kohlensaures Kali umgewandelt; die Oxalsäure verwandelt sich dabei, wie oben, in Kohlensäure und Kohlenoxydgas und ein Theil der ersteren verbindet sich mit dem Kali.

261. Kalk und Oxalsäure. *Versuch.* Man schüttle ein wenig Gyps mit Wasser, und lasse die Flüssigkeit sich wieder klären; das abgegossene Wasser hält nun ein wenig ($^1/_{400}$) Gyps aufgelöst. Wird zu diesem Gypswasser eine Lösung von Oxalsäure hinzugegossen, so erhält man nach kurzer Zeit einen Nie-



derschlag von oxalsaurem Kalk; die Oxalsäure hat also zum Kalk eine grössere Affinität als die Schwefelsäure, da sie im Stande



ist, die letztere auszutreiben. Schneller und vollständiger erfolgt die Zersetzung, wenn man die Oxalsäure vorher mit Ammoniak (NH_3) neutralisirt, weil der Schwefelsäure dann ein anderer Körper dargeboten wird, mit dem sie sich lieber verbindet als mit dem Wasser; sie wird dadurch gleichsam willfähriger, den Kalk loszulassen. Die Oxalsäure ist das genaueste Reagens auf Kalk

und Kalksalze. Der trockne oxalsaure Kalk lässt sich durch Erhitzung leicht in kohlensauren Kalk umwandeln.

262. Eisenoxyd und Oxalsäure. *Versuch.* Auf ein erbsengrosses Stück Eisenvitriol giesse man einige Esslöffel voll Wasser, und befeuchte mit der Auflösung ein Stück weisses Fliesspapier; hat sich dieses mit der Flüssigkeit durchzogen, so bestreiche man es noch mit Salmiakgeist (Ammoniak). Das Ammoniak entzieht dem Eisenvitriol die Schwefelsäure und es muss daher auf und in dem Papier Eisenoxydulhydrat ausgeschieden werden, welches demselben eine grünliche Farbe ertheilt. Beim Trocknen wird das Eisenoxydulhydrat zu Eisenoxydhydrat, und damit das Grün zu Gelb. Auf ähnliche Weise färbt man oft Kleiderzeuge durch Eisenoxyd braun oder gelb. Nun reibe man etwas Oxalsäure mit Wasser zu einem dünnen Brei und betupfe mit diesem das gelbe Papier an mehren Stellen: die Farbe wird daselbst bald verschwinden und man erhält weisse Muster auf einem gelben Grunde. Die Oxalsäure löst das Eisenoxyd mit grosser Leichtigkeit auf und beide werden beim Spülen entfernt. Hierauf gründet sich der bedeutende Verbrauch dieser Säure in den Druckfabriken, wie gleicherweise ihre Anwendung zum Entfernen der Tintenflecke aus Wäsche oder Papier. Ein Hauptbestandtheil der Tinte ist Eisenoxyd; mit dem Auflösen desselben durch die Kleesäure verschwindet auch die schwarze Farbe der Tinte. Warum bei gelben und braunen Kleiderstoffen, die in der Regel dem Eisenoxyd ihre braune Farbe verdanken, beim Ausmachen der Tintenflecke durch Kleesäure oder Kleesalz (welches ebenso wirkt, wie die freie Säure) auch die Zeugfarbe mit verschwindet, wird hiernach leicht erklärlich sein.

Essigsäure

($HO, \overline{A}$ oder $HO, C_4H_3O_3$ oder $C_4H_4O_4$).

263. Essig. Der bekannte Essig ist ebenfalls eine Pflanzensäure. Diese entsteht oft genug gegen unsern Wunsch und ohne unser Zuthun, wenn süsse oder geistige Flüssigkeiten, z. B. Syrupwasser, Obstbrühe, Wein, Bier etc., an der Luft stehen bleiben. Der Zucker verwandelt sich allmälig in Weingeist; aus dem Weingeist aber wird Essig, wenn er sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden kann. Wie dieses geschehe, kann erst später

nach der Betrachtung des Zuckers und Weingeistes erörtert werden (667 und 690).

Unser gewöhnlicher Essig enthält in 100 Thln. nur 3 bis 6 Thle. Essigsäure, das Uebrige ist Wasser. Kocht man den Essig, so zeigt der saure Geruch des Dampfes schon, dass die darin enthaltene Säure flüchtig ist; wir können ihn daher nicht, wie andere Säuren, durch Verdampfen stärker machen; wohl aber ist dies auf folgende Weise möglich.

264. Bleioxyd und Essigsäure. *Versuch* a. Man schütte zu $1/2$ Liter ungefärbten Essigs 40 bis 50 Grm. Bleiglätte (Bleioxyd) und lasse die Mischung in einem Gefässe unter öfterem Umrühren einige Stunden an einem warmen Orte stehen. Dampft man alsdann die durch Stehen abgeklärte Flüssigkeit bis auf ein Drittel ein und lässt sie erkalten, so erzeugen sich säulenförmige Krystalle von essigsaurem Bleioxyd. Man nennt dieses Salz im gewöhnlichen Leben Bleizucker, weil es süsslich schmeckt. Durch das Bleioxyd, oder auch durch andere Basen, wird die Essigsäure so fest gehalten, dass sie beim Abdampfen nicht mehr, oder doch nur in geringer Menge, mit den Wasserdünsten entweicht.

Versuch b. Auf ein Stück Kohle wird etwas Bleizucker gelegt und durch das Löthrohr erhitzt: das Salz schmilzt zuerst in seinem Krystallwasser, dann bräunt es sich und verkohlt; die Essigsäure zersetzt sich dabei, wie die Weinsäure beim Erhitzen der weinsauren Salze (253). Ist sie vollständig verbrannt, so hat man auf der Kohle einige Kügelchen von Bleimetall. Das Bleioxyd wird nämlich auch zerlegt; die glühende Kohle entzieht ihm seinen Sauerstoff und bildet damit Kohlenoxydgas, welches entweicht, es muss demnach metallisches Blei übrig bleiben (Reduction oder Desoxydation).

265. Bereitung der Essigsäure. *Versuch.* 20 Grm. Schwefelsäure werden vorsichtig mit 20 Grm. Wasser vermischt und nach dem Erkalten in ein Kochfläschchen gebracht, in das man vorher 40 Grm. zerriebenen Bleizucker geschüttet hat. Man verbindet nun eine Glasröhre und Vorlage mit dem Fläschchen (Fig. 107) und destillirt bei gelinder Hitze aus dem Sandbade, bis ungefähr 30 Grm. Flüssigkeit übergegangen sind.

Es findet hierbei eine einfache Wahlverwandtschaft statt: die starke Schwefelsäure tritt an das Bleioxyd und bildet damit eine weisse unlösliche Verbindung, welche zurückbleibt, während die in der Hitze flüchtige Essigsäure in Dampf verwandelt wird, der sich in der kalten Vorlage wieder zu flüssiger Essigsäure verdichtet.

266. Eigenschaften der Essigsäure. Die erhaltene Essigsäure ist farblos und schmeckt und riecht sehr sauer. Aus der stärksten Essigsäure kann man durch Abkühlen sogar feste Krystalle erhalten (Eisessig); eine etwas verdünnte Essigsäure heisst concentrirter Essig.

Versuch a. Zu starker Essigsäure setze man einige Tropfen Nelkenöl und Zimmtöl: sie werden aufgelöst, wenn die Säure stark genug war. Man nennt diese Mischung Riechessig.

Versuch b. Uebergiesst man ein Stückchen mageres Rindfleisch (Muskelfleisch) mit Essigsäure, so wird es nach und nach weich und gallertartig. Auch der gewöhnliche Essig wirkt so, nur schwächer; es ist ja bekannt genug, dass mit Essig durchzogenes Fleisch, gekocht oder gebraten, sehr mürbe und leicht verdaulich (auflösbar) wird.

Auch die Essigsäure kann nicht ohne Wasser bestehen; 7 Thle. der stärksten Säure enthalten noch 1 Thl. chemisch gebundenes Wasser. Essig heisst im Lateinischen Acetum, das Zeichen für Essigsäure ist hiernach $\overline{A}$ ($HO, C_4H_3O_3$). S. 554. 667.

Um die essigsauren Salze zu erkennen, erwärmt man sie in einem Probirgläschen mit etwas concentrirter Schwefelsäure: es entwickeln sich dabei sauer riechende Dämpfe.

Rückblick auf die Pflanzensäuren.

1) Die Pflanzensäuren bestehen fast alle aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und sind als Säuren mit zusammengesetztem Radical anzusehen.

2) Sie werden durch den Lebensprocess der Pflanzen erzeugt und finden sich in den Pflanzen entweder frei oder an Basen gebunden.

3) Manche davon kommen fast in allen Pflanzen vor, andere nur in gewissen Pflanzenfamilien oder Pflanzenarten.

4) Wir können dieselben nur in einzelnen Fällen aus ihren Elementen künstlich zusammensetzen, wie die unorganischen.

5) Viele Pflanzensäuren lassen sich zwar auch durch die Kunst nachbilden, in der Regel sind aber immer andere Pflanzenstoffe dazu nöthig, durch deren Verwandlung die Säuren entstehen.

6) Durch die Kunst vermag man aus Pflanzenstoffen viele neue Säuren zu erzeugen, welche in den Pflanzen natürlich nicht vorkommen.

7) Die Pflanzensäuren werden in der Hitze verkohlt und endlich vollständig verbrannt (die unorganischen Säuren nicht); ebenso werden dieselben durch starke chemische Körper, durch Fäulniss, Verwesung u. a. sehr leicht zersetzt.

8) Die meisten Pflanzensäuren können nicht ohne Wasser bestehen (Constitutionswasser); dieses Wasser spielt darin die Rolle einer Basis.

9) Gegen Basen verhalten sich die Pflanzensäuren wie die unorganischen Säuren, sie bilden damit Salze.

10) Die pflanzensauren Salze werden ebenfalls durch die Hitze zerlegt: die Säure verkohlt und verbrennt, während die Basis, gewöhnlich mit Kohlensäure verbunden, zurückbleibt.

Verbindung der Säuren mit Basen und Wasser.

267. Säuren und Basen. Dass die Säuren durch Basen neutralisirt oder, wie man gewöhnlich sagt, gesättigt werden, ist schon durch mehre Versuche gezeigt worden, und diese Versuche haben zugleich gelehrt, dass jede Säure bei der Neutralisation immer nur eine festbestimmte Quantität von der Basis aufnimmt. Wie gross diese Quantität für jede Säure sei, das soll jetzt noch erörtert werden.

Durch die sorgfältigsten Untersuchungen hat man ermittelt, dass 100 Grm. Schwefelsäure genau 70 Grm. Kalk, oder 77,5 Grm. Natron oder 90 Grm. Eisenoxydul, oder 278,7 Grm. Bleioxyd brauchen, um neutralisirt zu werden. Weitere Untersuchungen führten zu der überraschenden Entdeckung, dass diese so un-

gleichen Mengen der genannten Basen doch genau dieselben Mengen von Sauerstoff enthalten.

Schwefelsäure.					Sauerstoff.
100 Grm.	neutralisiren	70 Grm.	Kalk;	diese enthalten	20 Grm.
100 „	„	77,5 „	Natron;	„ „	20 „
100 „	„	90 „	Eisenoxydul;	„ „	20 „
100 „	„	278,7 „	Bleioxyd;	„ „	20 „
			u. a. m.		

Es ergab sich als ein Gesetz für die Schwefelsäure: 100 Grm. davon brauchen immer eine Quantität Basis zur Sättigung, in der 20 Grm. Sauerstoff enthalten sind.

Noch deutlicher tritt diese auch für andere Sauerstoffsäuren geltende Gesetzmässigkeit vor Augen, wenn man die vorstehenden Basenmengen statt auf 100 Gewthle. Säure auf die durch die Aequivalentgewichte ausgedrückten Gewichtsmengen der Säuren bezieht und die beiderseitigen Sauerstoffmengen vergleicht. Es verbinden sich dann

mit 40 Grm.	(1 Aeq.) SO_3,	welche	24 Grm. O	enthalten:	
28 „	(1 Aeq.) CaO,	„	8 „	— „	oder
31 „	(1 Aeq.) NaO,	„	8 „	— „	oder
36 „	(1 Aeq.) FeO,	„	8 „	— „	oder
111,5 „	(1 Aeq.) PbO,	„	8 „	— „	u. s. f.

1 Aeq. Salpetersäure (NO_5) = 54 Grm., enthält 40 Grm. Sauerstoff und wird ebenfalls durch 28 Grm. CaO, 31 Grm. NaO, 36 Grm. FeO und 111,5 Grm. PbO neutralisirt.

1 Aeq. Kohlensäure (CO_2), = 22 Grm., enthält 16 Grm. Sauerstoff und wird durch dieselben je 8 Grm. Sauerstoff enthaltenden Basenmengen, also 28 Grm. CaO etc., gesättigt.

Hieraus ergiebt sich für die Verbindungen der Sauerstoffsäuren mit den Basen, d. i. für die (neutralen) Salze folgendes einfache Verhältniss zwischen dem Sauerstoff der Säure und dem der Basis:

in den	schwefelsauren	Salzen wie	24 : 8	oder wie	3 : 1
„ „	salpetersauren	„ „	40 : 8	„ „	5 : 1
„ „	kohlensauren	„ „	16 : 8	„ „	2 : 1.

Weiter erhellt aus dem Vorhergehenden, dass die angegebenen Basenmengen nicht nur einer bestimmten Säure gegenüber,

sondern allen (einbasischen) Säuren gegenüber gleichwerthig sind, d. h. dass 1 Aequivalent einer Säure sich immer mit 1 Aeq. Basis zu einem neutralen Salze vereinigt.

Um hiermit auch solche Säuren in Uebereinstimmung zu bringen, deren einfache Formel nur $1/_2$ Aeq. ausdrücken würde, verdoppelt man diese letztere. So schreibt man die unterschweflige Säure (S. 201) nicht $SO = 24$, denn 24 Grm. derselben neutralisiren nur 14 Grm. CaO, 15,5 Grm. NaO etc., sondern man schreibt sie $S_2O_2 = 48$, welchem Aequivalentgewichte nun 28 CaO, 31 NaO etc., also die Aequivalentgewichte der oben angeführten basischen Oxyde, entsprechen.

268. Säuren und Wasser. Auch das Wasser verhält sich den starken Säuren gegenüber wie eine Basis. In dem Schwefelsäurehydrat (HO, SO_3) ist der Sauerstoff der Säure zu dem des Wassers wie 3 : 1, in dem Salpetersäurehydrat (HO, NO_5) wie 5 : 1, gerade so wie bei den neutralen schwefelsauren und salpetersauren Salzen. Man könnte diese Hydrate als Salze bezeichnen, deren Basis Wasser ist. Ebenso könnte man sich den Vorgang bei der Neutralisation einer Sauerstoffsäure mit einem Metalloxyd (RO) so vorstellen, dass das letztere das Wasser verdrängt und sich an dessen Stelle mit der Säure vereinigt. Bei den Salzen der zwei- und dreibasischen Säuren wird es sich später zeigen, dass das Wasser in der That Basen zu substituiren oder zu vertreten vermag. Verbinden Säuren sich in mehren Verhältnissen mit Wasser, so werden die einzelnen Wasseräquivalente mit verschiedener Kraft von ihnen festgehalten. (Vergl. Schwefelsäurehydrate und Phosphorsäurehydrate 211. 226.)

Metalle.

I. Abtheilung.

Leichte Metalle.

Erste Gruppe: Alkalimetalle.

Kalium (K).

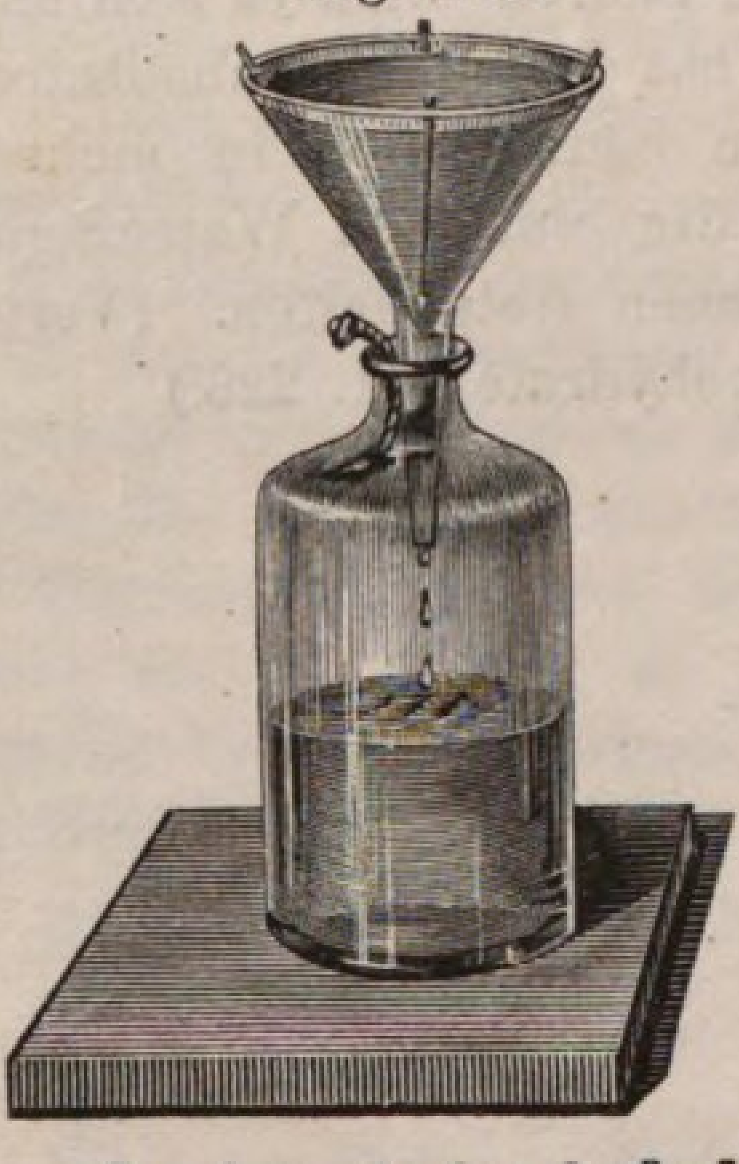
(Aeq.-Gew. = 39. [Pottaschenmetall.] — Specif. Gew. = 0,86.)

— 1807 von Davy entdeckt. —

Kohlensaures Kali oder Pottasche (KO, CO_2).

269. Bereitung. *Versuch.* Auf ein Filter von Fliesspapier, welches man in einen Trichter gelegt hat, wird eine Handvoll Holzasche gebracht und nach und nach heisses Wasser darüber gegossen; die durchgelaufene Flüssigkeit schmeckt laugenhaft und bläut rothes Probirpapier. Dampft man sie in einem Porcellanschälchen bis zur Trockne ein, so bleibt zuletzt eine graue Salzmasse übrig, die durch Glühen in einem kleinen Porcellantiegel weiss wird; man nennt sie rohe Pottasche. In holzreichen Gegenden, z. B. in Amerika, Russland etc., bereitet man sie auf ähnliche Weise im Grossen und bringt sie als eine vielgebrauchte Waare in den Handel.

Fig. 113.



In der Asche befinden sich alle die mineralischen Stoffe, welche die Pflanzen während ihres Wachsthums aus dem Erd-

boden aufnahmen; sie sind nicht flüchtig und bleiben daher zurück, während die eigentliche Holz- oder Pflanzenmasse verbrennt. Das Lösliche davon wird von dem Wasser aufgenommen (Pottasche und andere lösliche Salze), das Unlösliche (Kieselerde, unlösliche Salze und unverbrannte Kohlenstückchen) bleibt im Filter zurück. Die Holzasche war bisher das Grundmaterial, aus welchem man alle anderen Kaliverbindungen darstellte, da die directe Gewinnung derselben aus kalireichen Mineralien, z. B. dem Kalifeldspath, zu grosse Kosten verursachte. Dies ist plötzlich ganz anders geworden, denn es hat sich in dem Salzwerke Stassfurt eine so mächtige Vorrathskammer von Kali aufgethan, dass man dieses jetzt aus dem sogenannten Abraumsalze, d. h. den oberen Schichten dieses Lagers, fabrikmässig abscheidet.

270. Reinigung der Pottasche. *Versuch.* 20 Grm. käufliche Pottasche werden mit 20 Grm. kaltem Wasser übergossen, öfters umgerührt und dann eine Nacht hingestellt. Die Flüssigkeit wird durch Filtration von dem Bodensatze, der hauptsächlich aus Kieselerde besteht, getrennt, bis zur Hälfte eingedampft und abermals eine Nacht hindurch der Ruhe überlassen, wobei die meisten fremden Salze herauskrystallisiren. Als solche kommen in der rohen Pottasche vor: kieselsaures und schwefelsaures Kali, Chlorkalium, Chlornatrium u. a. Aus der nochmals filtrirten Flüssigkeit erhält man beim Abdampfen bis zur Trockne, wobei fortwährend mit einem Glasstabe gerührt wird, eine weisse, krümlige Salzmasse, gereinigte Pottasche.

Die Pottasche ist sehr leicht löslich, sie wird daher zuerst von dem Wasser aufgenommen und zuletzt wieder daraus abgeschieden; die anderen Beimengungen sind schwerer löslich, sie bleiben zum Theil ungelöst, zum Theil krystallisiren sie aus der Flüssigkeit heraus, ehe noch die Pottasche ans Krystallisiren denkt. Es sind dies zwei Methoden, durch welche man schwer lösliche Stoffe von leicht löslichen trennen kann.

271. Eigenschaften und Zusammensetzung der Pottasche. *Versuch* a. Man stelle in einem Schälchen eine Portion Pottasche in eine Stube, eine andere in einen Keller: die erstere wird feucht, die letztere zerfliesst. Beide Proben ziehen Wasser aus der Luft an, die in der trockneren Stubenluft weniger, die

in der feuchteren Kellerluft mehr. Die Pottasche ist ein sehr hygroskopisches Salz.

Lösende Kraft der Pottasche. *Versuch* b. Man koche in einem Töpfchen ein Stückchen grauer Leinwand und einige schmutzige oder fettige Kattun- oder Leinwandläppchen mit 10 Grm. Pottasche und 80 Grm. Wasser einige Zeit hindurch: die Flüssigkeit färbt sich dunkler, während die Läppchen heller und reiner werden. Was wir im gewöhnlichen Leben Schmutz nennen, ist Staub, der an Haut oder Kleidern etc. und zwar insbesondere dann festhaftet, wenn diese durch Schweiss feucht waren oder mit fettigen und anderen klebrigen Stoffen in Berührung kamen. Durch Pottasche können die letztgedachten Stoffe, wie auch der Farbstoff der rohen Leinwand, aufgelöst und entfernt werden. Hierauf beruht die vielfache Anwendung dieser Substanz zum Reinigen und Waschen.

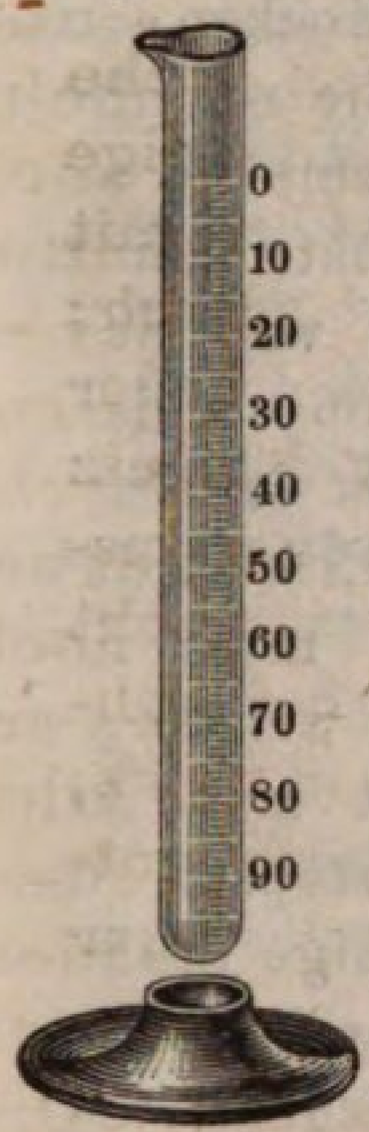
Bestandtheile der Pottasche. *Versuch* c. Ein Theelöffel voll Pottasche wird in einem Trinkglase mit Essig übergossen: es entweicht unter lebhaftem Aufbrausen eine Luftart, in der ein brennender Holzspan auslöscht. Diese Luftart ist die bekannte Kohlensäure; sie ist in der Pottasche mit dem basischen Kaliumoxyd oder Kali chemisch verbunden. Die Pottasche ist also ein Salz, kohlensaures Kali (KO, CO_2). Die schwache Kohlensäure ist nicht im Stande, die basischen Eigenschaften des Kalis vollständig aufzuheben, daher schmeckt die Pottasche laugenhaft und färbt rothes Lackmuspapier blau. Der Essig (wie Säuren überhaupt) kann das Kali völlig neutralisiren; setzt man so viel von ihm hinzu, bis weder rothes noch blaues Probirpapier verändert wird, filtrirt und verdampft die Flüssigkeit alsdann, so erhält man eine weisse Salzmasse, essigsaures Kali.

Man könnte meinen, dass die Kohlensäure, die so gern Luftform annimmt, durch Erhitzen leicht zu verjagen wäre; auffallender Weise aber hält die Freundschaft derselben zum Kali die härteste Feuerprobe aus. Die Pottasche verliert selbst in der stärksten Glühhitze ihre Kohlensäure nicht.

272. Prüfung der Pottasche. Die Pottasche kommt von verschiedener Güte und Reinheit im Handel vor. Um dieselbe auf ihre Güte zu prüfen, oder mehre Sorten davon mit einander zu vergleichen, wägt man sich 10 Grm. von jeder Sorte ab und

neutralisirt sie mit einer Säure. Da eine gute Pottasche mehr Säure braucht als eine schlechte, so kann man aus der Menge der verbrauchten Säure einen Schluss auf den Werth der Pottasche ziehen. Wer oft Pottasche zu prüfen hat, thut wohl, sich ein Alkalimeter anzuschaffen. Ein solches Instrument besteht aus einem in Grade getheilten (graduirten) Glascylinder, in dem man die Säuremenge, statt abzuwägen, abmisst. Hierzu muss man sich eine Probesäure anfertigen, die gerade so stark ist, dass ein Grad davon ein Decigramm reinen kohlensauren Kalis neutralisirt. Die Grade der verbrauchten Säure geben dann gleich den Gehalt der Pottasche an reinem kohlensauren Kali in Procenten an. Auf gleiche Weise ermittelt man auch die Güte der Soda.

Fig. 114.



Zweifach kohlensaures Kali ($KO, CO_2 + HO, CO_2$).

273. Leitet man in eine Auflösung von Pottasche Kohlensäure, so nimmt die erstere noch einmal so viel Kohlensäure auf, als sie schon hat, und es setzen sich Krystalle ab, in welchen auf 1 Aeq. Kali 2 Aeq. Kohlensäure und ausserdem noch 1 Aeq. Wasser enthalten sind. Diese Verbindung gehört sonach zu den sauren Salzen. Beim Erhitzen entweicht das zweite, weniger fest gebundene Glied der Verbindung, 1 Aeq. Kohlensäure und das Wasser, ebenso bei längerem Kochen einer Lösung dieses Salzes. Dies der Grund, warum man dem Salze nicht die einfachere Formel $KO, 2CO_2, HO$, sondern die einer Doppelverbindung (kohlensaures Kali und kohlensaures Wasser) giebt.

Kaliumoxyd oder Kali (KO).

(Aeq.-Gew. = 47; als Hydrat = 56.)

274. Aetzkalilauge. Entzieht man der Pottasche die Kohlensäure, so bleibt Kali übrig.

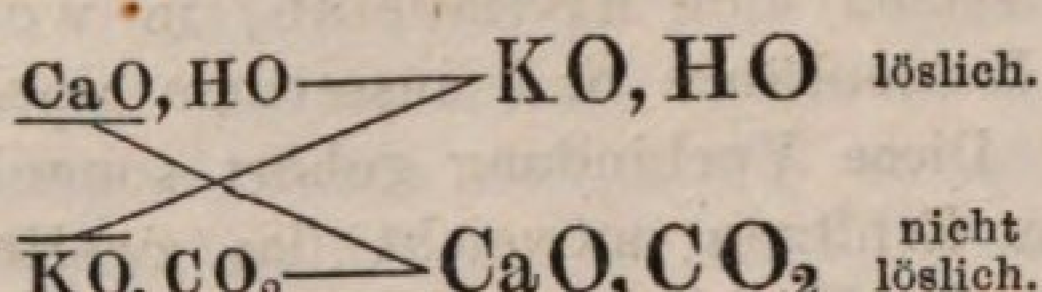
Versuch. Man lege 20 Grm. gebrannten Kalk in eine Schüssel, besprenge ihn mit warmem Wasser und lasse ihn so

lange stehen, bis er sich gelöscht hat, d. h. zu einem staubigen Pulver zerfallen ist. Dann bringe man 20 Grm. **Pottasche** in einer eisernen Schale mit $\frac{1}{4}$ Liter Wasser zum Kochen, und setze der Flüssigkeit nach und nach theelöffelweise die reichliche Hälfte des gelöschten Kalkes hinzu. Nachdem das Gemenge noch einige Zeit gekocht hat, schüttet man einen Theelöffel voll davon auf ein Filtrum von weissem Fliesspapier und giesst das Durchgelaufene in Essig. Erfolgt dabei ein Aufbrausen, so muss noch mehr Kalk zugegeben werden; erfolgt keins, so giesst man Alles in eine Flasche, verstöpselt dieses, und lässt sie einige Stunden lang ruhig stehen, damit der Satz sich am Boden ablagere. Die klare Flüssigkeit wird vorsichtig abgegossen und in einem wohlverstopften Glase aufbewahrt. Sie besteht aus Wasser, in welchem Kali aufgelöst ist, und heisst **Aetzkalilauge**.

Fig. 115.



Die Kohlensäure, welche vorher mit dem Kali verbunden war, ist während des Kochens an den Kalk getreten, wie man leicht aus dem Brausen ersehen kann, welches entsteht, wenn man Essig oder eine andere Säure auf den weissen Kalksatz giesst. Aus dem Kalk ist kohlensaurer Kalk geworden, aus dem kohlensauren Kali aber Kali. Der kohlensaure Kalk ist unlöslich, er setzt sich als ein weisses Pulver ab; das Kali ist löslich, es vereinigt sich mit dem vorhandenen Wasser.



Es muss hiernach scheinen, als sei der Kalk eine stärkere Basis als das Kali, da er dem letzteren die Kohlensäure wegnehmen kann; dies ist aber nicht richtig, denn in allen anderen Fällen ist das Kali stärker als der Kalk. **Es kann aber eine schwächere Basis einer viel stärkeren die Säure entreissen, wenn sie mit dieser ein unlösliches Salz bildet.** Der Kalk entzieht also dem Kali die Kohlensäure, nicht weil er eine grössere Affinität zu der Säure hat, sondern weil er

mit derselben eine unlösliche Verbindung (Kreide) giebt. In gleicher Weise vermag auch nicht selten eine schwächere Säure eine stärkere zu überwinden.

275. Kalihydrat oder Aetzkali (KO, HO). *Versuch.* Ein Theil der Aetzkalilauge wird in einem eisernen Schälchen (Glas und Porcellan werden angegriffen) eingedampft: das Wasser entweicht bis auf 1 Aeq., und es bleibt zuletzt eine weisse Salzmasse übrig, Kalihydrat. Durch stärkeres Erhitzen kann diese geschmolzen und in Stangen oder Platten ausgegossen werden (Aetzstein oder geschmolzenes Kali).

Das Aetzkali besteht aus einem Metalle (Kalium) und Sauerstoff (187). Ausserdem enthält es aber immer noch $^1/_6$ seines Gewichts Wasser (17 Proc.), welches selbst durch starkes Glühen nicht ausgetrieben werden kann; sein vollständiger Name ist demnach Kalihydrat (KO, HO). Dieses Wasser ist chemisch mit dem Kali verbunden, gleichsam als ob es eine Säure wäre. Das indifferente Wasser kann sich gegen starke Basen wie eine Säure, gegen starke Säuren wie eine Basis verhalten (268).

276. Eigenschaften des Kalihydrats. *Versuch* a. Man lasse etwas trocknes Kalihydrat an der Luft liegen: es wird bald feucht werden, ja zerfliessen, und nach längerem Liegen aufbrausen, wenn man eine Säure hinzugiesst. Das Kalihydrat hat zwei starke Leidenschaften: 1) zum Wasser, 2) zur Kohlensäure; beide saugt es aus der Luft auf und wird dann wieder zu kohlensaurem Kali oder Pottasche. Auch in Weingeist ist es löslich.

Kalihydrat wirkt ätzend. *Versuch* b. Man erwärme in einem Probirgläschen etwas weisses Fliesspapier, in einem anderen etwas graues mit Kalilauge: beide Papiere werden zerstört und aufgelöst, die Pflanzenfaser des weissen Papiers (Leinen oder Baumwolle) sehr langsam, die Thierfaser des grauen (Wolle) sehr schnell. Das Kali wirkt sehr ätzend oder kaustisch, namentlich auf thierische Stoffe. Das schlüpfrige Gefühl beim Reiben der Lauge zwischen den Fingern rührt von einer allmäligen Auflösung der Haut her.

Kalihydrat ist eine Basis. *Versuch* c. Man neutralisire Kalilauge einmal mit Salpetersäure, dann mit Salzsäure: man er-

hält im ersten Falle ein in Säulen krystallisirendes Sauerstoffsalz, Salpeter (KO, NO_5), im zweiten Falle ein in Würfeln krystallisirendes Haloidsalz, Chlorkalium (KCl) nebst Wasser. Die hierbei stattfindende Erwärmung zeigt an, dass das Kali sich mit grosser Energie mit den Säuren verbindet. Die meisten Kalisalze sind in Wasser löslich.

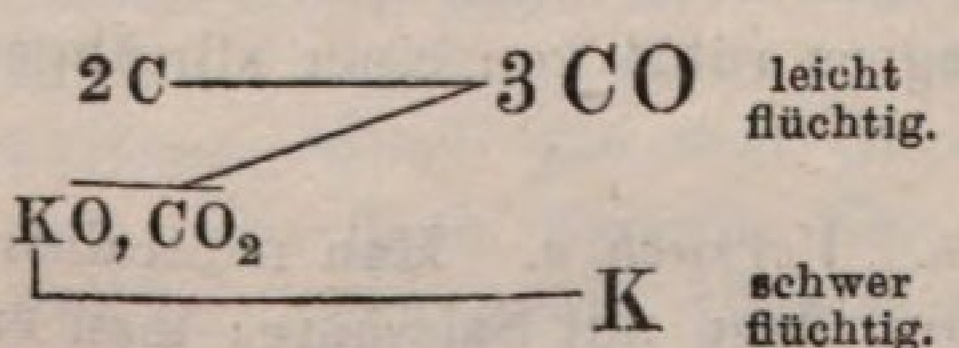
Kalihydrat ist eine starke Basis. *Versuch* d. Man löse ein Stückchen Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) in Wasser auf und tröpfle Kalilauge hinzu. Kali ist die stärkste Basis, welche wir kennen, sie entzieht daher dem Kupfervitriol die Schwefelsäure und bildet damit schwefelsaures Kali, welches gelöst bleibt. Das Kupferoxyd fällt, da es ohne eine Säure nicht in Wasser auflöslich ist, als Hydrat, d. h. mit Wasser chemisch verbunden, in Gestalt eines zarten, blauen Pulvers zu Boden und kann auf einem Filtrum gesammelt werden. Diese Methode wird sehr häufig angewendet, um aus Metallsalzen Metalloxyde auszuscheiden.

Kalihydrat bildet Seife. *Versuch* e. In einem Probirgläschen wird ein wenig Talg oder Fett mit Kalilauge gekocht: es entsteht nach und nach eine Vereinigung, es bildet sich Seife. Die mit Kali bereiteten Seifen bleiben weich, man nennt sie Schmierseifen.

Kalium (K).

277. Bereitung. Wird dem Kali der Sauerstoff entzogen, so bleibt Kalium übrig, ein Metall, welches eine so grosse Neigung hat, sich wieder mit Sauerstoff zu verbinden, dass es nur durch Uebergiessen mit Steinöl, einer Flüssigkeit, welche keinen Sauerstoff enthält, vor dem Oxydiren geschützt werden kann.

Um Kalium zu bereiten, erhitzt man gewöhnlich kohlensaures Kali mit Kohle in einer eisernen Flasche, die mit einem eisernen Abzugsrohr verbunden ist, bis zum heftigsten Weissglühen. Bei dieser Temperatur verbindet sich die Kohle mit dem Sauerstoff der Kohlensäure



und des Kalis zu Kohlenoxydgas, welches entweicht. Das freigemachte Kalium verwandelt sich gleichfalls in Dampf, den man in Steinöl leitet, worin er sich zu einer festen, jedoch knetbaren, silberähnlichen Masse verdichtet.

Bei der Kohlensäure ist gezeigt worden (201), dass bei schwacher Hitze das Kalium der Kohle den Sauerstoff entziehen kann; in hoher Hitze geschieht hier das Gegentheil. Aehnliche Verschiedenheiten kommen nicht selten bei chemischen Processen vor; sie zeigen, dass die Affinitäten der Körper zu einander durch die Temperatur sehr abgeändert werden.

278. Kalium zersetzt Wasser. *Versuch.* Man werfe ein erbsengrosses Stückchen von Kalium in eine Schüssel voll Wasser: es schwimmt unter lebhaftem Zischen auf dem Wasser und brennt dabei mit lebhafter, rother Flamme. Nach dem Verbrennen scheint es verschwunden, in der That aber findet es sich im Wasser, jedoch nicht mehr als Kalium, sondern als Kaliumoxyd — oder Kali (Kalihydrat), wie man leicht durch rothes Probirpapier erfahren kann, welches nun durch das Wasser gebläut wird. Es hat sich also während des Verbrennens mit Sauerstoff und Wasser verbunden; diesen Sauerstoff nahm es vom Wasser und dabei entstand eine so heftige Erhitzung, dass der zweite Bestandtheil des Wassers, das Wasserstoffgas, sich entzündete. Die rothe Farbe des letzteren rührt von Kaliumdampf her.

Zerschneidet man ein Stückchen Kalium, so erscheint es silberglänzend, es läuft aber sogleich an und verwandelt sich beim Liegen an feuchter Luft in kurzer Zeit in einen weissen Körper, in Kalihydrat. In diesem Falle entnimmt es den Sauerstoff und das Wasser aus der Luft.

Ausser dem Kaliumoxyd giebt das Kalium mit Sauerstoff noch ein gelbes Superoxyd (KO_4).

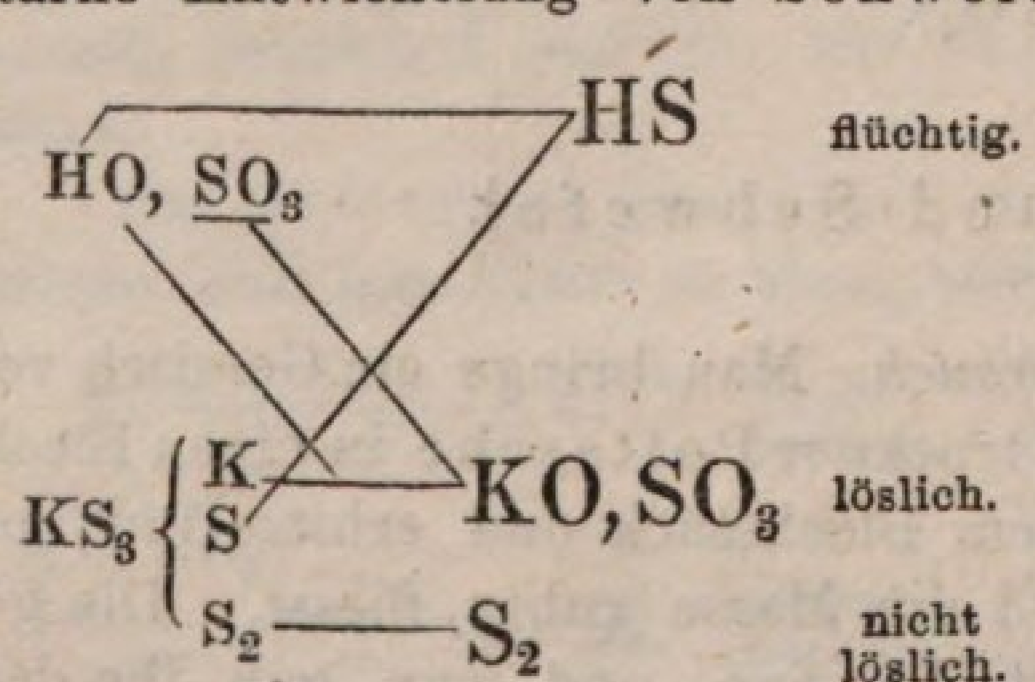
Kalium und Schwefel.

279. Schwefelleber. *Versuch.* Man bringe ein Gemisch von 3 Grm. Schwefel und 6 Grm. trockner Pottasche in einen Blechlöffel, bedecke diesen mit einem Blechstück und erhitze ihn, bis das Brausen aufgehört hat und die Masse ruhig fliesst. Die geschmolzene Masse sieht leberfarbig aus, und man gab ihr des-

wegen den Namen Schwefelleber; sie wird auf einen Stein gegossen und, falls sie sich entzünden sollte, mit einem Gefäss bedeckt, bis sie wieder ausgelöscht ist. Liegt sie einige Zeit an der Luft, so wird sie grünlich und feucht und entwickelt einen Geruch nach faulen Eiern. Der einfache Schwefel kann sich direct nicht mit der zusammengesetzten Pottasche verbinden, wohl aber dann, wenn diese ihre Kohlensäure und ihren Sauerstoff abgiebt. Dies geschieht. Die Kohlensäure entweicht unter Brausen, der Sauerstoff aber verbindet sich mit $^1/_4$ des Schwefels zu Schwefelsäure, die mit einem Theile des unzersetzten Kalis zu schwefelsaurem Kali zusammentritt. Die Schwefelleber ist demnach ein Gemenge von dreifach Schwefelkalium (KS_3) und schwefelsaurem Kali. Sie wird hauptsächlich zur Bereitung von Schwefelbädern angewendet. Wie man auf nassem Wege ein ähnliches Präparat erhält, ist 141 gezeigt worden.

Ausser der angegebenen Verbindung des Kaliums mit dem Schwefel giebt es noch drei andere, theils mit mehr, theils mit weniger Schwefel. Die niedrigste Schwefelungsstufe, einfach Schwefelkalium (KS), erhält man, wenn schwefelsaures Kali mit Kohle geglüht wird, welche letztere den Sauerstoff sowohl vom Kali als von der Schwefelsäure wegnimmt, indem sie damit Kohlenoxyd bildet, welches entweicht. Auf gleiche Weise werden alle schwefelsauren Salze durch Glühen mit Kohle zu Schwefelmetallen reducirt.

280. Zersetzung der Schwefelleber. *Versuch.* In einem Probirgläschen werden einige Stückchen Schwefelleber mit Wasser übergossen: man erhält eine gelbgrüne Lösung. Tröpfelt man zu dieser verdünnte Schwefelsäure, so entsteht eine starke Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas, und die



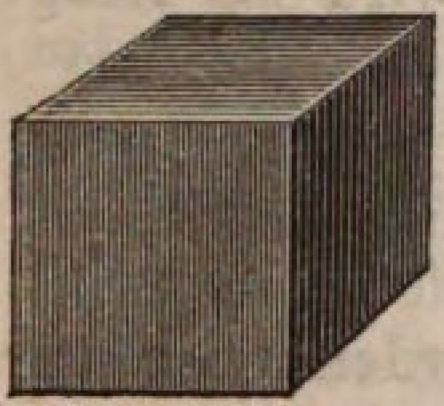
Flüssigkeit wird milchig, weil sich $^2/_3$ des Schwefels niederschlagen (Schwefelmilch). Hierbei findet eine Wasserzersetzung statt; der Sauerstoff des Wassers macht das Kalium zu Kali, welches sich mit der Schwefelsäure vereinigt, der Wasserstoff aber ent-

weicht mit 1/3 des Schwefels als Schwefelwasserstoffgas. Aehnlich, nur langsamer, wirkt die Kohlensäure der Luft, und es erklärt sich hieraus, warum die Schwefelleber (ebenso der Rückstand beim Verbrennen des Schiesspulvers) von selbst einen Geruch nach faulen Eiern entwickelt, wenn man sie an der Luft liegen lässt. Setzt man eine Lösung derselben der Luft aus, so absorbirt das Schwefelkalium rasch Sauerstoff, und geht in unterschwefligsaures, zuletzt in schwefelsaures Kali über und Schwefel scheidet sich ab.

Chlorkalium (KCl).

281. Dieses Salz, dessen Bereitung schon 276, Versuch c angegeben worden, ist leichtlöslich und in Krystallform und Geschmack dem Kochsalz gleich. Kleine Mengen davon finden sich in dem Meerwasser und den Salzsoolen, grössere in dem Stassfurter Abraumsalz, welches als die eingetrocknete Mutterlauge eines früheren Meeresbeckens anzusehen ist. Der in diesem vorkommende Carnallit ist eine Doppelverbindung von Chlorkalium und Chlormagnesium, der Leopoldit oder Sylvin reines Chlorkalium. In Wasser gelöst kann man das Chlorkalium auch als salzsaures Kali ansehen, denn KCl + HO ist dasselbe wie KO, HCl.

Fig. 116.



Jod- und Bromkalium (KJ und KBr).

282. Diese zwei Salze krystallisiren ebenfalls in weissen Würfeln und werden theils als Arzneimittel, theils in der Photographie gebraucht. Durch Chlorwasser wird freies Jod und Brom aus denselben abgeschieden. Auch Ozon scheidet Jod aus Jodkalium ab (s. Ozonometer 160).

Versuch. Um zu zeigen, dass in dem letzteren Salze wirklich Jod enthalten sei, erhitze man ein wenig davon mit etwas Braunstein und einigen Tropfen Schwefelsäure in einem Probirgläschen: es entweichen violette Dämpfe. Behandelt man Kochsalz auf dieselbe Weise, so erhält man bekanntlich Chlor (168). Der chemische Vorgang ist in beiden Fällen gleich.

Cyankalium (KCy).

283. Ein höchst giftiges, in farblosen Würfeln krystallisirendes, nach Blausäure riechendes Salz, gewöhnlich geschmolzen als weisse Salzmasse vorkommend und dann etwas cyansaures Kali enthaltend. In der Glühhitze schmilzt es leicht und geht durch Sauerstoffaufnahme in cyansaures Kali über; hierbei kann es den meisten Metalloxyden den Sauerstoff entziehen, und wird deshalb als eins der stärksten Reductionsmittel bei Löthrohrversuchen benutzt; selbst aus vielen Schwefelverbindungen scheidet es die Metalle ab. Auf nassem Wege bildet es mit Metallen sehr gern Doppelcyanüre; so mit Eisen das gelbe und rothe Blutlaugensalz. Mit Cyangold und Cyansilber bildet das Cyankalium die Metalllösungen, deren man sich zur galvanischen Vergoldung und Versilberung bedient.

Rhodankalium oder Schwefelcyankalium wird als Reagens auf Eisenoxydsalze angewendet (250).

Schwefelsaures Kali (KO, SO_3).

284. *Versuch.* 20 Grm. Pottasche werden in 80 Grm. warmem Wasser gelöst und mit verdünnter Schwefelsäure neutralisirt; die filtrirte Flüssigkeit dampft man ab, bis sich ein Salzhäutchen zeigt, und lässt sie einen Tag lang ruhig stehen. Die gewonnenen harten Krystalle, abgestumpfte, sechsseitige Doppelpyramiden und andere Formen, sind schwefelsaures Kali; sie sind schwer löslich im Wasser und besitzen einen bitterlichen Geschmack. Dieses Salz macht einen Bestandtheil des bekannten Alauns aus.

Fig. 117.



Doppelverbindungen von schwefelsaurem Kali mit schwefelsaurer Talkerde (schwefelsaure Kalimagnesia) kommen im Stassfurter Abraumsalze unter den Namen Schönit und Polyhalit vor; auch der Kainit kann hierher gezählt werden.

Saures oder zweifach schwefelsaures Kali ($KO, SO_3 + HO, SO_3$) wird als Nebenproduct bei der Bereitung der Salpetersäure aus Kalisalpeter erhalten (184). Es schmeckt und reagirt sehr sauer und ist als eine Verbindung von schwefelsaurem

Kali mit Schwefelsäurehydrat anzusehen. Letzteres ist so fest gebunden, dass es erst in der Glühhitze entweicht und neutrales schwefelsaures Kali zurücklässt.

Salpetersaures Kali oder Salpeter (KO, NO_5).

285. Darstellung. *Versuch.* 20 Grm. Pottasche werden in 40 Grm. heissem Wasser gelöst und mit Salpetersäure neutralisirt; die Flüssigkeit wird nachher bis zum Kochen erhitzt, filtrirt und zum Erkalten hingestellt: es werden sich aus derselben säulenförmige Krystalle von Salpeter absetzen, die leicht löslich in Wasser sind, kühlend schmecken und sich an der Luft nicht verändern (siehe Fig. 26).

Die Darstellung des Salpeters im Grossen geschieht auf eine ganz eigenthümliche Weise. Man mengt nämlich thierische Stoffe, z. B. Fleisch- und Hauttheile, Haare etc., mit Kalk und Erde, besprengt sie mit Wasser oder Urin und lässt sie langsam verwesen. Die thierischen Stoffe sind reich an Stickstoff, der bei der Fäulniss zu Ammoniak (NH_3) wird, welches sich während der nachfolgenden Verwesung nach und nach durch den Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure und Wasser oxydirt. Die entstandene Salpetersäure wird alsbald durch den Kalk gebunden. Verwesen thierische Stoffe ohne Kalk oder eine andere starke Basis, so entsteht nur Ammoniak und etwas salpetersaures Ammoniak; die starke Basis ist es also, welche den Stickstoff dazu disponirt, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden (163). Nach Beendigung der Verwesung zieht man die Erde mit Wasser aus und erhält eine Lösung von salpetersaurem Kalk, welche durch Pottasche in lösliches salpetersaures Kali und unlöslichen kohlensauren Kalk umgewandelt wird. Man nennt solche Anlagen Salpeterplantagen; ihnen ähnlich sind die Compostanlagen der Gärtner und Landwirthe. Den meisten Salpeter bekommen wir aus Ostindien, wo er sich in manchen kalihaltigen Kalksteinen durch Verwesung stickstoffhaltiger Verbindungen von selbst bildet.

286. Eigenschaften des Salpeters. *Versuch* a. Man erhitze etwas Salpeter in einem Probirgläschen: er schmilzt; giesst man ihn tropfenweise auf einen kalten Stein aus, so erhält man Salpeterkügelchen. Bei stärkerem Erhitzen entweicht Sauer-

stoff, wodurch das salpetersaure Kali in salpetrigsaures Kali übergeht.

Versuch b. Man mische 2 Grm. Eisenpulver mit 1 Grm. Salpeter und erhitze die Mischung in einem Blechlöffel, dessen Stiel man in einen Kork gesteckt hat: es erfolgt ein lebhaftes Erglühen des Gemenges; das Eisen wird durch den Sauerstoff der Salpetersäure oxydirt, während der Stickstoff entweicht. Das übrig bleibende Kali kann durch Wasser aufgelöst werden. Der Salpeter eignet sich demnach sehr gut dazu, um aus Metallen Metalloxyde zu machen.

Fig. 118.



Versuch c. Legt man einen Salpeterkrystall auf eine glühende Kohle, so sprüht er lebhaft, er verpufft. Auch hierbei wird die Salpetersäure zersetzt und ihre plötzliche Verwandlung in zwei Luftarten ist die Ursache des erwähnten Sprühens. Der freiwerdende Sauerstoff findet aber in der Kohle einen Körper, mit dem er sich verbinden kann; die entweichenden Gasarten sind demnach Kohlensäure und Stickstoff. Ein Theil der gebildeten Kohlensäure vereinigt sich mit dem zurückbleibenden Kali. Aus KO, NO_5 und $2\frac{1}{2}$ C entstehen KO, CO_2, ferner $1\frac{1}{2} CO_2$ und N. Die rückständige, auf der Kohle festgeschmolzene Salzmasse reagirt basisch und braust mit Säuren, sie ist kohlensaures Kali oder Pottasche. Körper, die leicht anbrennen sollen, werden oft mit einer Auflösung von Salpeter getränkt, z. B. Feuerschwamm, Lunten etc.

Wird Salpeter mit Schwefelsäure erhitzt, so entweicht die Salpetersäure (184).

Thierische Stoffe werden durch Salpeter vor Fäulniss geschützt; man wendet ihn deswegen zum Einpökeln des Fleisches an.

Schiesspulver.

287. Bereitung. *Versuch* a. 24 Grm. Salpeterpulver, 4 Grm. Kohlenpulver und 4 Grm. Schwefel werden in einem Mörser genau gemischt; man nennt dieses Pulver Mehlpulver. Einige Messerspitzen davon werden auf einen Stein geschüttet und durch einen glimmenden Span entzündet: es entsteht eine lebhafte Verpuffung. Das übrige Pulver stosse man mit einigen Tropfen Wasser so lange zusammen, bis ein Teig entsteht, den man durch einen blechernen Durchschlag drückt. Die erhaltene, fadenförmige Masse wird, wenn sie halb trocken geworden, durch gelindes Reiben mit den Fingern zu kleinen Körnchen zertheilt; diese sind Schiesspulver.

Verpuffung. *Versuch* b. Man lege auf ein Stückchen Eisenblech etwas Schiesspulver und entzünde es: die Verpuffung erfolgt noch schneller, d. h. die Gasentwicklung noch plötzlicher, als bei dem Mehlpulver, weil das gekörnte Schiesspulver lockerer auf einander liegt und viel mehr Zwischenräume lässt als das pulverisirte. Man nahm bisher an, dass die Verbrennung des Schiesspulvers so erfolge, dass sich aus dem Kali des Salpeters Schwefelkalium erzeuge und dessen Sauerstoff auch noch zur Bildung von Kohlensäure verwendet werde, wie die Gleichung zeigt:

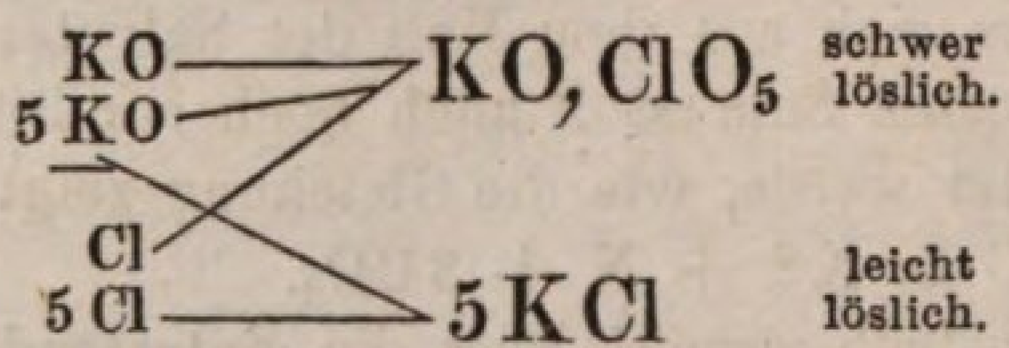
$$KO, NO_5 + S + 3C = KS + N + 3CO_2.$$

Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die eintretende Zersetzung viel complicirter ist und dass einerseits der verbleibende feste Rückstand vorherrschend aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kali mit nur sehr wenig Schwefelkalium besteht, andererseits aber sich neben dem Stickstoff und der Kohlensäure aus dem in der Kohle noch vorhandenen Wasserstoff und Sauerstoff auch noch andere Gasarten, nämlich freier Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und Kohlenoxyd erzeugen. Geht die Verpuffung des Schiesspulvers in einem abgesperrten Raume, z. B. in einem Gewehre, vor sich, so wird sie zur Explosion oder Detonation. Die plötzlich aus dem Pulver entbundenen erhitzten Gase befinden sich hier in einem mehrhundertfach comprimirten Zustande und äussern daher vermöge ihrer Expansivkraft einen so mächtigen Druck auf die Wände des Gewehres und der Patrone aus, dass sie im Stande sind, entweder die letztere fortzuschleu-

dern oder den Lauf des Gewehres zu zertrümmern. Der bei der Verbrennung bleibende Rückstand wird bald feucht an der Luft, denn kohlensaures Kali und Schwefelkalium sind ein Paar hygroskopische Körper; er entwickelt einen Geruch nach faulen Eiern, denn aus dem Schwefelkalium erzeugt sich Schwefelwasserstoff (280); zugleich schwärzt sich das Eisenblech, weil es, ganz so wie bei Versuch d. 148, auf der Oberfläche zu schwarzem Schwefeleisen wird. Gleiches geschieht mit den eisernen Läufen der Schiessgewehre.

Chlorsaures Kali (KO, ClO_5).

288. Bereitung. Dieses Salz kann, wie schon seine Formel zeigt, gleichsam als ein Bruder des Salpeters angesehen werden; seine Gemüthsart aber ist im Vergleich zu diesem noch ungleich unbändiger und heftiger, da die Chlorsäure noch viel leichter zerlegt wird als die Salpetersäure. Um dasselbe zu bereiten, leitet man Chlorgas in eine heisse Auflösung von Kali. Der Vorgang dabei wird sich aus dem nebenstehenden Schema erklären: es bilden sich gleichzeitig zwei Salze: Chlorkalium und chlorsaures Kali; ersteres ist leicht löslich, letzteres schwer löslich, sie lassen sich daher durch Krystallisiren von einander trennen.



289. Eigenschaften. *Versuch* a. Durch blosses Erhitzen zerfällt das chlorsaure Kali sehr leicht in Sauerstoff und Chlorkalium; man benutzt es daher zur Sauerstoffbereitung, wie bei Nr. 60 gezeigt wurde. — Mit Metallen erhitzt, verwandelt es diese, dem Salpeter gleich (286), in Oxyde. — Mit Salzsäure erhitzt, liefert es Chlor. Dieses kommt aber nicht aus dem chlorsauren Kali, sondern aus der Salzsäure, welcher durch den Sauerstoff der Chlorsäure, auf dieselbe Weise wie durch den Sauerstoff des Braunsteins oder der Salpetersäure, ihr Wasserstoff entzogen wird (166. 247).

Verpuffung. *Versuch* b. Auf glühende Kohle gestreut, verpufft es noch lebhafter, als Salpeter; der freiwerdende Sauerstoff verursacht eine höchst energische Verbrennung der Kohle.

Zur Bereitung von Schiesspulver kann man dieses Salz nicht anwenden, weil durch die zu schnelle Verpuffung die Gewehre zu stark angegriffen werden; wohl aber ist es gerade deswegen sehr brauchbar in der Feuerwerkerei, insbesondere zur Hervorbringung von buntem Feuer. Beim Pulvern und Mischen desselben ist die grösste Vorsicht zu beobachten, da es schon durch starkes Reiben und Stossen explodiren kann. Will man es fein reiben, so muss man es jederzeit vorher mit einigen Tropfen Wasser anfeuchten; das Mischen mit anderen Stoffen nimmt man nur mit den Fingern vor.

Feuererzeugung. *Versuch* c. Man streue einige Krümelchen chlorsaures Kali in ein Becherglas und giesse ein wenig Weingeist, und nach diesem einige Tropfen Schwefelsäure hinzu: die Schwefelsäure treibt die Chlorsäure aus, welche sogleich zerfällt; dabei entsteht eine solche Erhitzung, dass sich der Weingeist entzündet.

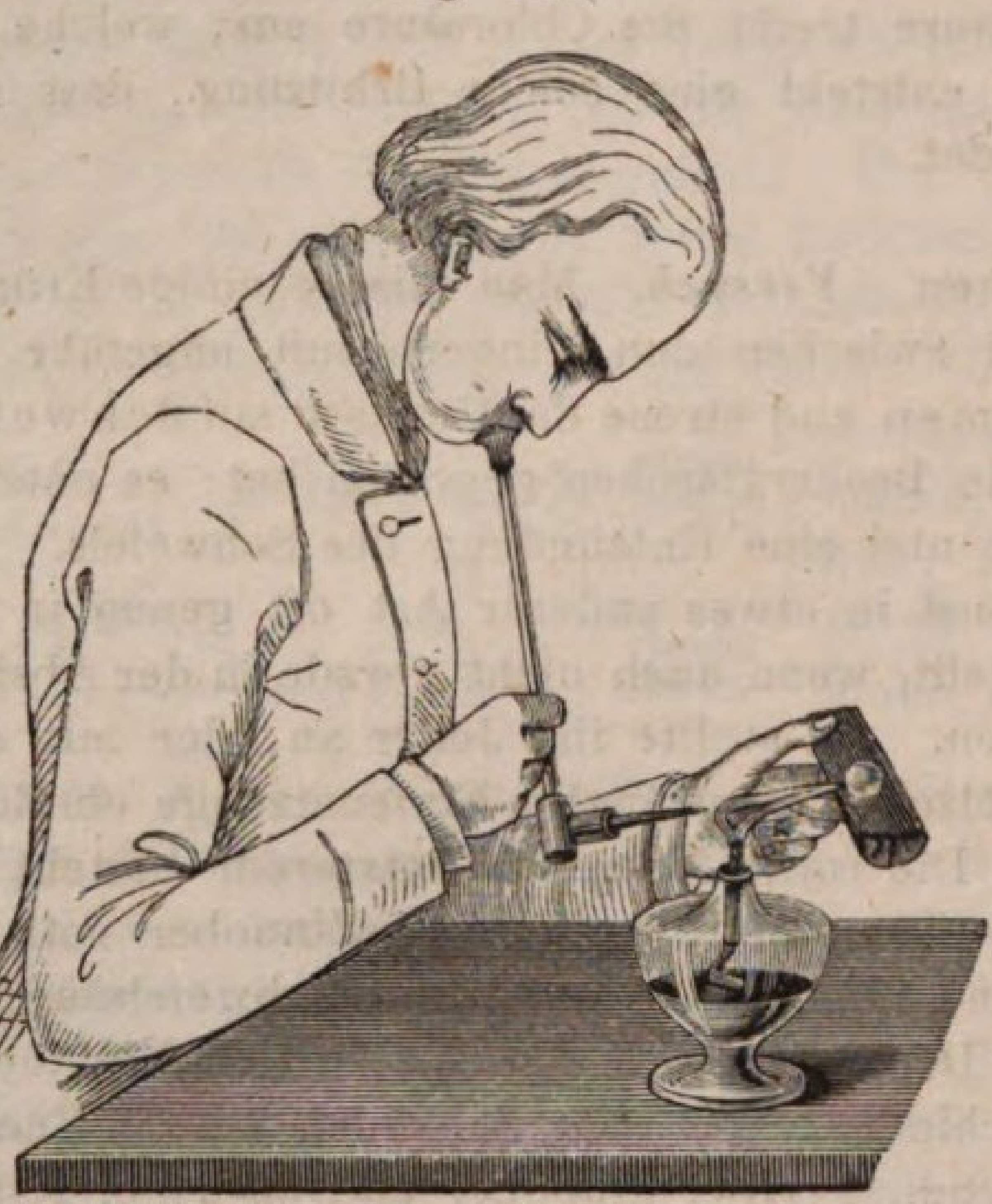
290. Zündhölzchen. *Versuch.* Man mische einige Krümelchen chlorsaures Kali zwischen den Fingern mit ungefähr der Hälfte Schwefelblumen und streue das Gemisch auf Schwefelsäure, die man in ein Bechergläschen gegossen hat: es entsteht ein lebhaftes Knistern und eine Entzündung des Schwefels. Dieser Versuch wurde sonst in etwas anderer Art oft genug in den Haushaltungen angestellt, wenn auch nicht gerade in der Absicht, um Chemie zu studiren. Es stellte ihn Jeder an, der mit dem durch die Reibzündhölzchen verdrängten Fixfeuerzeuge ein Zündhölzchen anbrannte. Die rothe Masse an letzterem besteht aus chlorsaurem Kali und Schwefel, die man mit Zinnober roth gefärbt hat; in dem Zündfläschchen aber ist mit Schwefelsäure angefeuchteter Asbest. Der Asbest soll nur das zu tiefe Eintauchen der Zündhölzchen verhindern. 10 Thle. Schwefel, 8 Thle. Zucker, 5 Thle. Gummi arabicum, 2 Thle. Zinnober und 30 Thle. feingeriebenes chlorsaures Kali geben mit Wasser eine gute Zündmasse, mit welcher man die zuvor in geschmolzenen Schwefel getauchten Hölzchen überkleidet. Statt durch Schwefelsäure kann die Entzündung solcher Hölzchen auch durch auf Holz gestrichenen rothen Phosphor bewirkt werden.

Kieselsaures Kali (Kalisilicate).

291. Das natürlich vorkommende kieselsaure Kali ($KO, 3SiO_2$) macht einen wesentlichen Bestandtheil vieler Mineralien, namentlich des Feldspaths und Glimmers, wie des Erdbodens, aus. Obwohl in reinem Wasser unlöslich, wird es doch durch kohlensäurehaltiges Wasser bei der Verwitterung langsam gelöst (KO, SiO_2) und gelangt auf diese Weise einerseits in die Quellwässer, die immer kleine Mengen davon enthalten, andererseits in die Pflanzen, die beide Bestandtheile zu ihrer Ernährung erfordern.

Versuch. Zur künstlichen Bildung von kieselsaurem Kali schmelze man auf einer Holzkohle durch die Löthrohrflamme etwas Kali mit Sand zusammen: man erhält es in diesem Falle in glasartig-amorpher Form. Viel Sand mit wenig Kali giebt ein fast ganz unlösliches Glas, den Hauptbestandtheil des deutschen Flaschen- und Fensterglases (316). Viel Kali mit wenig Sand liefert dagegen das sogenannte Wasserglas, welches bei längerem Kochen mit Wasser eine dickliche Lösung giebt, welche als ein feuersichernder Anstrich für Holz, Leinwand etc., oder zur Herstellung eines wasserdichten Ueberzuges auf Holz- und Mauerwerk, oder zur Fixation von Frescogemälden, oder als ein billigeres Surrogat der Seife beim Reinigen der Wäsche Anwendung findet. In 235 ist die Bereitung einer solchen Lösung auf nassem Wege angegeben.

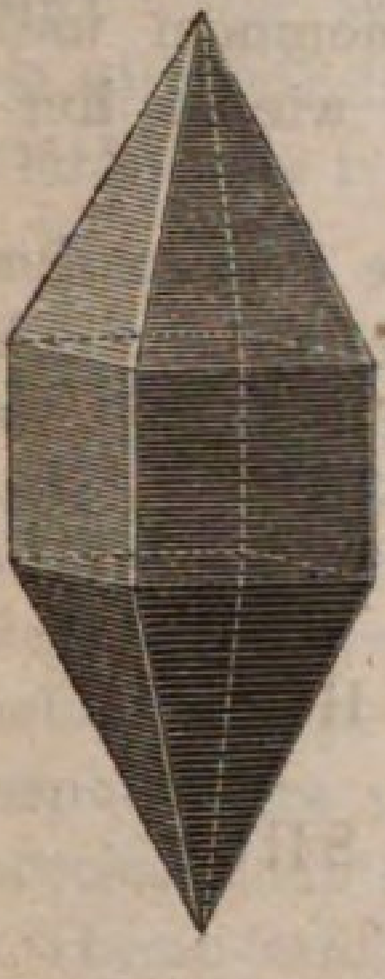
Fig. 119.



Saures weinsaures Kali oder Weinstein $\left(\begin{matrix}KO\\HO\end{matrix}\right\}, T\Big)$.

292. Sauerampfer, Weinranken, unreife Weintrauben etc. schmecken sauer; sie enthalten ein saures Salz, Weinstein (255). Das Kali dazu nehmen diese Pflanzen aus dem Erdboden, die Weinsäure aber bereiten sie sich selbst in ihrem Innern auf eine uns noch unbekannte Weise. Auch die reifen Trauben enthalten Weinstein, der saure Geschmack wird aber darin durch den süssen des Zuckers verdeckt, und wir bemerken ihn daher erst dann, wenn der Zucker durch Gährung zu Weingeist, d. h. wenn der Most zu Wein geworden ist. Aus dem Wein setzt sich beim Lagern ein grosser Theil des Weinsteins als eine steinartige, graue oder rothe Kruste ab (roher Weinstein). Wird dieser von dem anhängenden Farbstoffe durch Umkrystallisiren gereinigt, so erhält man ihn in farblosen, an einander hangenden, zugespitzten, vierseitigen Säulen krystallisirt (gereinigter Weinstein). Das Pulver davon ist unter dem Namen Cremor tartari bekannt genug. Die Weinsäure ist eine zweibasische Säure ($2\,HO, C_8H_4O_{10}$), sie ist im Weinstein, wie die Formel der Ueberschrift andeutet, mit 1 Aeq. Kali und 1 Aeq. basischem Wasser verbunden. In Nr. 255 ist seine Zusammensetzung noch nach der älteren Ansicht angegeben. Der Weinstein ist sehr schwer löslich in Wasser. Dass er beim Erhitzen zu kohlensaurem Kali verbrennt, wurde schon bei der Weinsäure angegeben. Man stellt sich die reine Pottasche gewöhnlich aus Weinstein dar.

Fig. 120.



Neutrales weinsaures Kali $\left(\begin{matrix}KO\\KO\end{matrix}\right\}, T + HO\Big)$.

293. *Versuch.* Um dieses als Arzneimittel viel gebrauchte Salz zu bereiten, löse man 10 Grm. reine Pottasche in 50 Grm. Wasser auf, setze 20 Grm. gereinigten Weinstein hinzu und lasse die Mischung unter öfterem Umrühren einen Tag lang an einem warmen Orte stehen. Die Kohlensäure der Pottasche entweicht, das Kali derselben aber tritt an die Stelle des basischen

Wasseräquivalents im Weinstein. Die filtrirte Flüssigkeit giebt nach hinlänglichem Abdampfen säulenförmige Krystalle, oder beim Eindampfen bis zur Trockne ein weisses Salzpulver. Dieses Salz ist sehr leicht löslich, zugleich aber auch sehr leicht zersetzbar durch andere, selbst sehr schwache Säuren. Man vermische eine Lösung davon mit Essig: es fällt ein weisses Pulver, Cremor tartari, nieder. Das zweite Aequivalent der Basis wird nämlich durch andere Säuren überaus leicht wieder weggenommen und dadurch das schwer lösliche saure Salz (Weinstein) wieder hergestellt.

Wie in dem vorstehenden Versuche das basische Wasser des Weinsteins durch Kali ersetzt wurde, so kann dasselbe auch durch andere Basen ersetzt werden. Man erhält auf diese Weise die sogenannten medizinischen Weinsteine, von denen folgende noch als Arzneimittel gebraucht werden:

Natronweinstein $= \left.\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\}, \bar{T} + 8HO,$

Ammoniakweinstein $= \left.\begin{matrix}KO\\NH_4O\end{matrix}\right\}, \bar{T} + 8HO,$

Eisenweinstein (Stahlkugeln) $= \left.\begin{matrix}KO\\Fe_2O_3\end{matrix}\right\}, \bar{T},$

Antimonweinstein (Brechweinstein) $= \left.\begin{matrix}KO\\SbO_3\end{matrix}\right\}, \bar{T} + HO.$

Saures oxalsaures Kali oder Kleesalz.

294. Die Blätter des Sauerklees haben auch einen sauren Geschmack; sie enthalten auch ein saures Salz; die Basis desselben ist auch Kali, die Säure aber nicht Weinsäure, sondern Kleesäure oder Oxalsäure. An den Orten, wo der Sauerklee häufig wächst, presst man den Saft davon aus und erhält durch Abdampfen und Umkrystallisiren das Salz in weissen, schwer löslichen Krystallen. Von diesem Salze ist schon in Nr. 260 die Rede gewesen; man benutzt es im gewöhnlichen Leben, um Eisen- und Tintenflecke aus der Wäsche zu entfernen.

Erkennung der Kaliumsalze.

295. Die meisten Kaliumsalze sind in Wasser ziemlich leichtlöslich, von den bekannteren Salzen ist der Weinstein am schwer-

sten (in circa 180 Thln. Wasser) löslich. Versetzt man concentrirte Kalilösungen mit überschüssiger Weinsäure, so erzeugt sich dieses Salz (saures weinsaures Kali) als ein weisser krystallinischer Niederschlag (255). Ein weit genaueres Reagens ist eine Lösung von Platinchlorid, welche selbst in sehr verdünnten Kalilösungen einen krystallinischen, schweren, gelben Niederschlag, ein Doppelsalz von Chlorkalium und Platinchlorid, hervorbringt. Der Weingeist- oder Gasflamme ertheilen die Kaliumsalze eine bläulich-violette Färbung, ihr Spectrum zeigt eine charakteristische rothe und eine blaue Linie (s. Anhang).

Kaliumsalze als Düngemittel.

296. Thiere und Menschen bedürfen des Kaliums oder Kalis zum Aufbau ihres Körpers wie zur Ausübung ihrer Lebensfunctionen. Bei den Thieren finden wir das Kali immer in der reichlichsten Menge in dem Saft des Fleisches, hauptsächlich mit Phosphorsäure verbunden, bei den Pflanzen in den Blättern und Wurzeln, hauptsächlich in Verbindung mit organischen Säuren. Die Thiere erhalten ihren Kalibedarf von den Pflanzen, die Pflanzen von dem Erdboden. Enthält der letztere nicht die für eine reichliche Ernte nothwendige Menge davon in löslichem Zustande, so wird sich nur eine kärgliche Ernte ausbilden können, wenn man diesen Mangel nicht durch Zufuhr von löslichen oder doch leicht aufschliessbaren Kaliverbindungen, so z. B. durch Urin, Stallmist, Compost, Runkelrübenschlempe, Holzasche, Stassfurter Kalisalze u. a. abhilft. Unter den Pflanzen selbst herrscht aber eine grosse Verschiedenheit bezüglich ihres Kalibedarfs. So finden sich beispielsweise etwa an Kali in 1000 Pfd. völlig trockner Pflanzenmasse: von Nadelholz $1/_2$ Pfd., von Laubholz 1 Pfd., von Reisigholz 2 Pfd., von Roggenstroh 8 Pfd., von Haferstroh 10 Pfd., von Wiesenheu 18 Pfund, von Kleeheu 20 Pfd., von Kartoffelknollen 24 Pfd., von Runkelrüben 35 Pfd., von Taback 50 bis 60 Pfd. u. s. f. Es erhellt hieraus, dass die eine Pflanzenart dem Boden viel mehr Kali zu entziehen vermag als die andere, und dass ein Boden für eine Pflanzenart an Kali erschöpft sein kann, während sein Kaligehalt für eine andere noch hinreicht.

Natrium (Na).

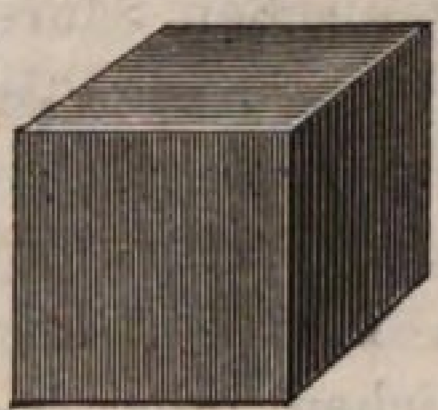
(Aeq.-Gew. = 23 [Sodametall]. — Specif. Gew. = 0,97.)

— 1807 von Davy entdeckt. —

Chlornatrium oder Kochsalz (NaCl).

297. Eigenschaften. *Versuch* a. Man schütte zu $2^3/_4$ Thln. kalten Wassers 1 Thl. Kochsalz: es wird sich beim Umrühren vollständig auflösen; man setze noch etwas Salz hinzu: es wird nichts mehr davon gelöst. Der Versuch wird wiederholt, nur mit heissem statt kaltem Wasser: der Erfolg ist genau derselbe. Das Kochsalz hat die auffallende Eigenthümlichkeit, dass es in kaltem und heissem Wasser gleich löslich ist. Von fast allen anderen Salzen löst heisses Wasser mehr auf als kaltes. Man stelle die eine dieser Auflösungen an einen warmen Ort: es bilden sich beim allmäligen Verdampfen regelmässige, durchsichtige Würfel von Kochsalz. Die andere Auflösung wird in einem Schälchen unter Umrühren eingekocht: sie giebt ein krümliches, undurchsichtiges Salzpulver (gestörte Krystalle). Wie zuletzt angegeben, verfährt man bei der Darstellung des Kochsalzes im Grossen; daher die krümliche Beschaffenheit des gewöhnlichen Kochsalzes.

Fig. 121.



Kochsalz mit Krystallwasser. *Versuch* b. Stellt man eine Kochsalzlösung bei starker Winterkälte ins Freie, so erzeugen sich in derselben durchsichtige, säulenförmige Krystalle, die über $^1/_3$ Wasser enthalten. Auf die Hand gelegt werden diese schnell trübe und zergehen zu einem Brei, in dem man zahllose kleine Würfel wahrnimmt. Dieser Versuch zeigt recht deutlich:

1) Wie ein und derselbe Körper bei verschiedener Temperatur verschiedene Gestalten annehmen kann; das Kochsalz krystallisirt gewöhnlich (wasserfrei) in Würfeln, in der Kälte (wasserhaltig) in Säulen.

2) Welchen grossen Einfluss die Temperatur auf die Verwandtschaften der Körper zu einander hat. Ueber dem Eispunkte hat das Kochsalz keine Affinität zum Wasser, man erhält wasserfreie Würfel; unter dem Eispunkte hat es Affinität zu ihm, man

erhält Säulen, die aus einer chemischen Verbindung von Kochsalz und Wasser bestehen.

3) Wie leicht manche chemische Verwandtschaftsbande wieder zerrissen werden können; die Wärme der Hand reicht schon hin, um die Affinität des Kochsalzes zum Wasser aufzuheben.

Verknistern des Kochsalzes. *Versuch* c. Man erhitze ein wenig Kochsalz auf einem Platinbleche: es knistert lebhaft und wird zum Theil weggeschleudert; das übrig gebliebene schmilzt, wenn das Blech stark glüht. Das Verknistern rührt von einer Spur Wasser (Verknisterungs- oder Decrepitationswasser) her, welches im Innern der Krystalle zurückgeblieben ist; beim Erhitzen dehnt sich dieses aus und sprengt die Krystalle auseinander.

Bestandtheile. Das Kochsalz wurde bei den früheren Versuchen schon zweimal künstlich dargestellt, nämlich einmal aus Natrium und Chlor, dann aus Soda und Salzsäure; seine Bestandtheile sind also schon bekannt. Es hat die Formel $NaCl$. Ist Wasser dabei, so kann man es auch als salzsaures Natron ansehen, denn $NaCl + HO$ ist dasselbe wie NaO, HCl.

298. Vorkommen des Kochsalzes. Erde und Meer sind reich an Kochsalz, wir haben daher keine grosse Mühe, es uns in grosser Menge zu verschaffen. An manchen Orten findet es sich im Innern der Erde in mächtigen Lagern und man hat nur nöthig, es herauszubrechen und heraufzuschaffen. Dieses Salz sieht wie ein durchsichtiger Stein aus, und man nennt es deswegen Steinsalz. Bei den Lagern in Stassfurt und Erfurt enthalten die oberen, bitteren Schichten, Abraumsalz genannt, reichliche Mengen von Kali- und Talkerdesalzen und werden auf diese verarbeitet oder als Düngemittel benutzt (281). Da, wo das Steinsalz mit Steinen und Erden gemengt vorkommt, bohrt man ein Loch bis in die Mitte des Lagers, lässt Wasser hinablaufen und pumpt es wieder heraus, wenn es sich mit Kochsalz gesättigt hat. In der Bergmannssprache heisst Kochsalzlösung Salzsoole, daher der Name: künstliche Soole. Das Wasser wird durch Abdampfen wieder vertrieben. An anderen Orten findet man Quellen, die Kochsalz aufgelöst enthalten, sogenannte natürliche Soolen. Diese entstehen jedenfalls dadurch, dass

das in die Erde einsickernde Wasser, welches an einer tieferen Stelle als Quell erscheint, unterwegs über ein Lager von Steinsalz hinwegläuft.

Salinen. Da die natürlichen Soolen gewöhnlich viel mehr Wasser enthalten, als zur Lösung des Salzes nöthig ist, so sucht man in den Salzsiedereien oder Salinen das Wasser zuerst auf eine billigere Weise als durch Feuer zu entfernen, nämlich durch Luftzug. Man pumpt das Salzwasser zu dem Ende auf ein hohes, mit Dornenreisig ausgelegtes Gerüst (Gradirhaus) und lässt es von da tropfenweise durch die Dornen herabfallen. Es breitet sich auf den Holzzweigen aus und bietet auf diese Weise der durchziehenden Luft eine sehr grosse Oberfläche dar, wodurch eine rasche Verdunstung bewirkt wird. Alles natürliche Salzwasser enthält Gyps aufgelöst; dieser sondert sich, weil er schwer löslich ist, zuerst ab und überzieht die Zweige mit einer steinartigen Rinde (Dornenstein). Ist der grösste Theil des Wassers verdunstet, so kocht man die concentrirte (starke) Soole unter stetem Umrühren in grossen Pfannen vollends ein, schöpft das ausgeschiedene, krümliche Kochsalz aus und trocknet es. Während des Abdampfens setzt sich am Boden der Pfannen eine feste Salzkruste ab (Pfannenstein), welche hauptsächlich aus Glaubersalz und Gyps (schwefelsaurem Natron und schwefelsaurem Kalk) besteht und zur Gewinnung von Glaubersalz verwendet wird. Zuletzt bleibt eine dickliche Flüssigkeit übrig, sogenannte Mutterlauge, aus der sich kein Kochsalz weiter abscheidet; sie enthält die in der Soole vorhandenen leichtlöslichen, fremdartigen Salze, z. B. Chlorcalcium, Chlormagnesium und Brommagnesium, und wird zu Bädern und zur Darstellung von Brom benutzt.

Seesalz. In warmen Ländern bereitet man sich auch Kochsalz aus dem Seewasser, welches man in flachen Teichen durch die Wärme der Sonne austrocknen lässt. Dieses Salz heisst Seesalz und hat, weil es zugleich Bittererdesalze enthält, einen bitterlichen Geschmack. 100 Pfd. Seewasser enthalten ungefähr $2\frac{1}{2}$ Pfd. Kochsalz und 1 Pfd. andere Salze.

299. Kochsalz in Thieren und Pflanzen. Kleine Mengen von Kochsalz finden sich fast in jedem Quellwasser, in jedem Erdboden, in jeder Pflanze. Sollen wir diese allgemeine Ver-

breitung des Kochsalzes für eine zufällige halten? Mit nichten. Das ist der hohe geistige Nutzen der Naturwissenschaften, dass wir durch sie in den wunderbaren Einrichtungen der Natur nicht das Spiel des Zufalls, sondern das Walten einer ewigen Weisheit erkennen lernen. Wir finden das Kochsalz überall in der Natur, weil es für das Leben der Thiere und Pflanzen unentbehrlich ist. Ohne Kochsalz erfolgt keine vollkommene Verdauung der Speisen in unserem Magen, wir halten es daher mit Recht für eine Universalwürze unserer Nahrungsmittel. Die Thiere finden es in dem Fleische und den Pflanzen, durch welche sie sich ernähren. Die Pflanzen empfangen es aus dem Erdboden, wie durch den Regen, und es ist bekannt genug, dass wir durch Düngesalz, welches ein unreines Kochsalz ist, die Tragkraft unserer Felder in manchen Fällen erhöhen können.

Vielfache Anwendung findet das Kochsalz auch zum Conserviren von Thier- und Pflanzenstoffen; es hat nämlich die Fähigkeit, die chemischen Zersetzungen, welche wir Fäulniss und Verwesung nennen, aufzuhalten. Fleisch und Häringe werden eingesalzen; das Bauholz erhält eine längere Dauer, wenn es sich mit starkem Salzwasser durchzogen hat etc.

Schwefelsaures Natron oder Glaubersalz
($NaO, SO_3 + 10HO$).

300. Verhalten gegen Luft und Hitze. Wie man die meisten Kalisalze, Kali und Kalium aus dem Stassfurter Abraumsalze (früher aus der Pottasche) darstellt, so bereitet man sich die meisten Natronsalze, Natron und Natrium aus dem Kochsalze.

Fig. 122.



Hierbei sind aber oft Umwege einzuschlagen, da das Chlor nicht so leicht von dem Natrium wegzubringen ist, als die Kohlensäure von dem Kali. Zuerst verwandelt man immer das Chlornatrium in schwefelsaures Natron. Dieses Salz ist schon aus dem Vorigen bekannt, denn es bleibt bei der Salzsäurebereitung (241) in der Retorte zurück, wenn man Kochsalz mit Schwefelsäure erhitzt. Im gewöhnlichen Leben wird es unter dem Namen Glaubersalz oft als ein beliebtes Arzneimittel eingenommen. Diesen Namen erhielt es nach seinem Entdecker,

dem Arzte Glauber. Wir finden es auch in vielen Mineralwässern, z. B. in dem Carlsbader und Püllnaer Wasser, und in dem Pfannensteine und der Mutterlauge der Salinen, wie bei dem Kochsalze angeführt wurde. Es ist leicht löslich, krystallisirt in vierseitigen und sechsseitigen Säulen, und hat einen salzig-bitterlichen Geschmack.

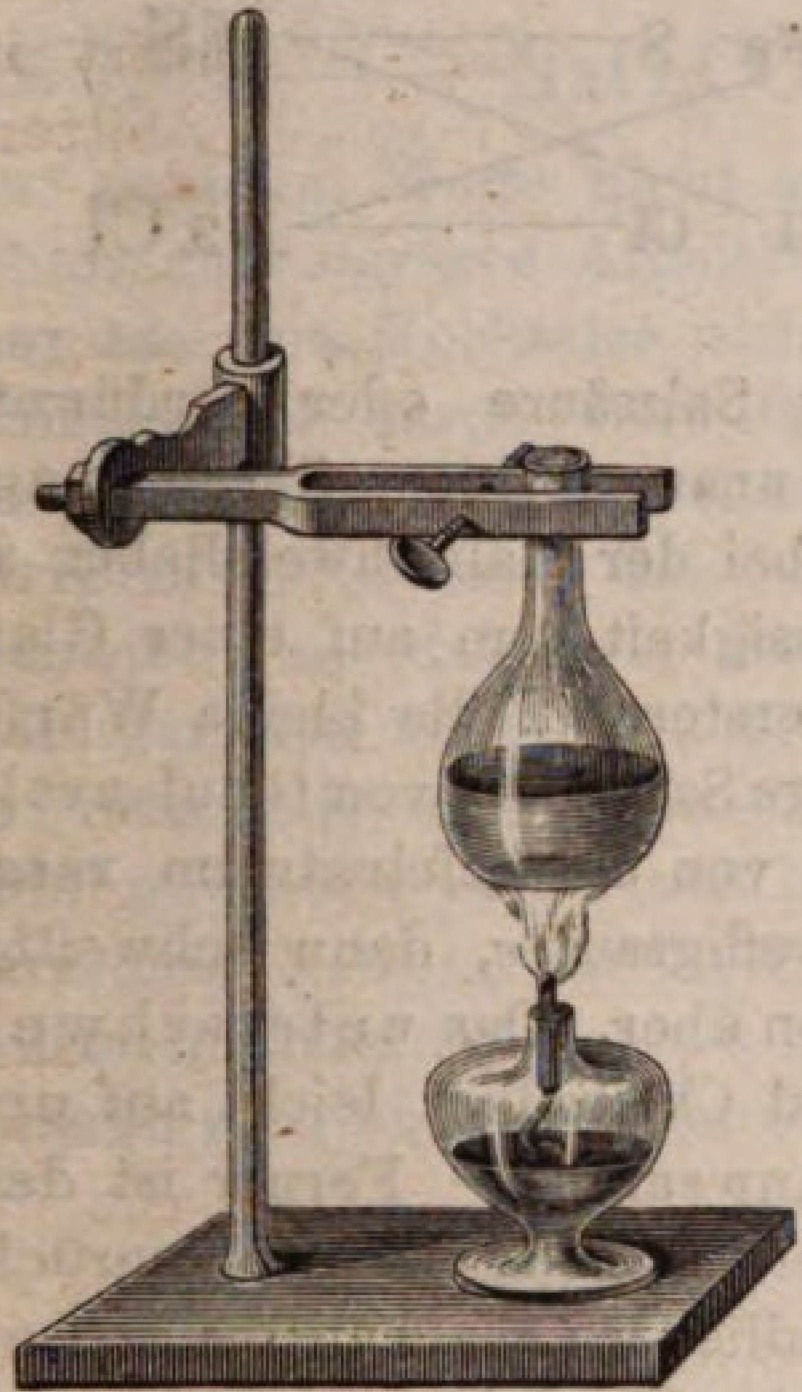
Verwittern. *Versuch* a. Man lege 20 Grm. durchsichtiges, krystallisirtes Glaubersalz an einen warmen Ort: es bedeckt sich mit einem weissen Beschlage und zerfällt endlich zu Pulver, es verwittert. Das erhaltene Pulver wiegt kaum noch 10 Grm. Was verloren gegangen, war Wasser; das Glaubersalz enthält über die Hälfte seines Gewichtes (56 Proc.) Krystallwasser. Man sieht hierbei recht deutlich, wie dieses gebundene Wasser es ist, was dem Salze seine Form und Durchsichtigkeit giebt; beide gehen verloren, so wie das Wasser durch die Wärme verdnnstet, sie erscheinen aber wieder, wenn man das pulverige, wasserfreie Salz in kochendem Wasser löst und die Lösung erkalten lässt. Pottasche ist ein zerfliessliches Salz, Kochsalz ein luftbeständiges, Glaubersalz ein verwitterndes. Salze, welche verwittern, müssen wohl verstopft an einem kühlen Orte aufbewahrt werden.

Schmelzen. *Versuch* b. Wird ein Glaubersalzkrystall auf Kohle durch das Löthrohr erhitzt, so schmilzt er bald, weil er sich in seinem Krystallwasser auflöst (wässeriger Fluss); dann wird er trocken, wenn das Wasser verjagt ist; endlich aber schmilzt er in der Glühhitze zum zweiten Male (feuriger Fluss). Bei den Salzen, welche kein Krystallwasser enthalten, tritt nur die letzte Art des Schmelzens in der Hitze ein.

301. Verhalten gegen Wasser. *Versuch* a. In einem kleinen Kochfläschchen erwärme man 20 Grm. Wasser bis zu 33° und erhalte es bei dieser Temperatur, während man nach und nach so lange krystallisirtes Glaubersalz hinzusetzt, als dieses gelöst wird (Fig. 123): es werden sich über 6 Grm. davon auflösen. Erhitzt man die gesättigte Auflösung stärker, so scheidet sich Salz aus (wasserfreie Krystalle); lässt man sie erkalten, so scheidet sich ebenfalls Salz aus (wasserhaltige Krystalle), — ein abermaliges Beispiel davon, wie sehr die Verwandtschaft des Was-

sers zu anderen Körpern mit der Temperatur wechselt. Das Glaubersalz hat die Eigenthümlichkeit, nicht beim Kochpunkte, sondern bei einer niedrigen Temperatur am löslichsten in Wasser zu sein.

Fig. 123.



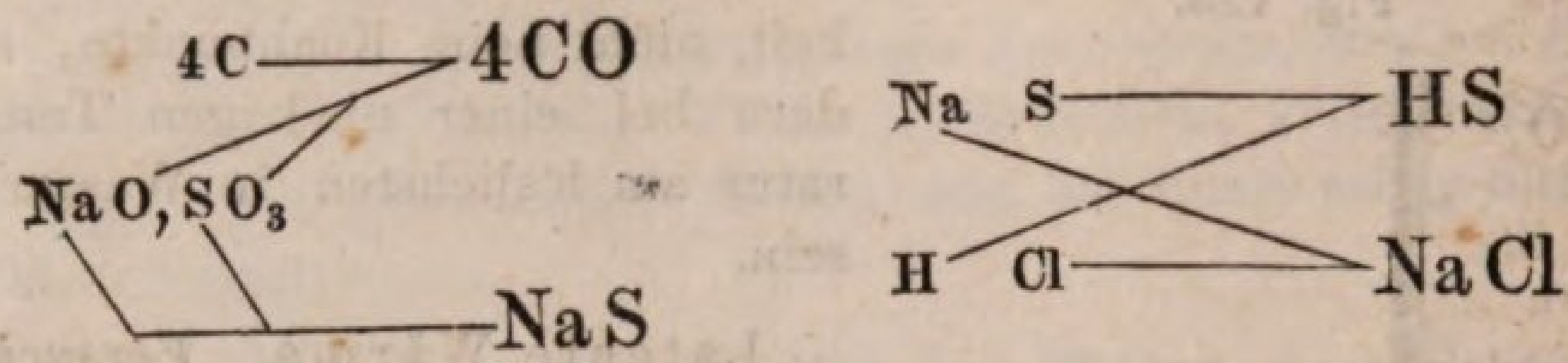
Latente Wärme. *Versuch* b. Löst man krystallisirtes Glaubersalz in Wasser auf, so entsteht Kälte; löst man dagegen zerfallenes Glaubersalz in Wasser auf, so entsteht Wärme. Genau dasselbe wird man bemerken, wenn man den Versuch mit Soda und zwar einmal mit krystallisirter und das andere Mal mit calcinirter anstellt. Woher kommt diese Wärme? Sie kommt aus dem Wasser, weil ein Theil desselben sich als Krystallwasser mit dem wasserfreien Glaubersalze oder der wasserfreien Soda verbindet. Es ist also eine ähnliche Erscheinung wie beim Löschen des Kalkes.

Saures oder zweifach schwefelsaures Natron enthält, wie das entsprechende Kalisalz, noch einmal so viel Schwefelsäure als das neutrale Salz.

Schwefelnatrium (NaS).

302. *Versuch.* Man menge eine Messerspitze wasserfreies Glaubersalz mit einer Messerspitze Kohlenpulver und erhitze das Gemisch auf einer Kohle durch das Löthrohr (Fig. 119): es schmilzt unter lebhaftem Brausen zu einer braunen Masse zusammen, die sich in Wasser zu einer gelblichen Flüssigkeit auflöst. Die Kohle nimmt in der Glühhitze sowohl dem Natron als der Schwefelsäure den Sauerstoff weg und bildet damit Kohlenoxydgas, welches unter Brausen entweicht; Natrium und Schwefel bleiben mit einander verbunden zurück. Man sagt: die Kohle

desoxydirt oder reducirt das schwefelsaure Natron zu Schwefelnatrium (Natronschwefelleber).



Tröpfelt man zu der Auflösung Salzsäure oder verdünnte Schwefelsäure, so entwickelt sich ein unangenehmer Geruch nach Schwefelwasserstoff, gerade wie dies bei der Kalischwefelleber zu bemerken war. Lässt man die Flüssigkeit nun auf einer Glastafel eintrocknen, so erhält man im ersteren Falle kleine Würfel von Kochsalz, im letzteren eine pulverige Salzkruste von Glaubersalz.

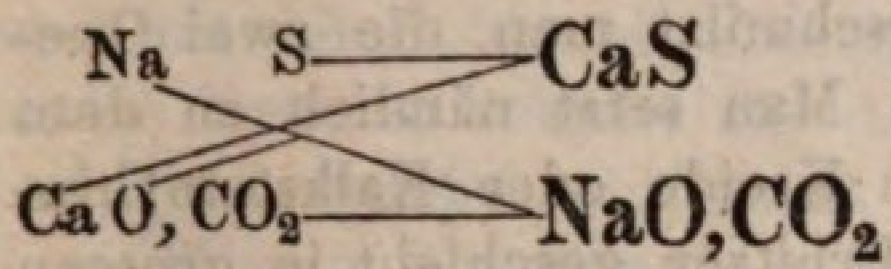
An der Luft zieht die Auflösung von Schwefelnatrium rasch Sauerstoff an und geht in unterschwefligsaures, dann schwefligsaures, zuletzt in schwefelsaures Natron über. Das unterschwefligsaure Natron löst Jodsilber und Chlorsilber leicht auf und findet deshalb in der Photographie Anwendung. Ferner ist dasselbe im Stande, das bei der Chlorbleiche in den Zeugen zurückbleibende Chlor zu binden und unschädlich zu machen; es kommt daher unter dem Namen Antichlor im Handel vor.

Kohlensaures Natron oder Soda ($NaO, CO_2 + 10 HO$).

— 1793 von Leblanc zuerst aus Kochsalz dargestellt. —

303. Bereitung im Kleinen. *Versuch.* Man bereite sich noch einmal Schwefelnatrium auf die eben angegebene Weise, verreibe es, sammt den anhängenden Kohlentheilchen, in einem Mörser mit ungefähr gleichviel Kreide und erhitze es wieder vor dem Löthrohre. Die zusammengebackene Salzmasse wird mit Wasser gekocht und die Flüssigkeit dann filtrirt. Auf dem Filtrum bleibt ein graues Pulver zurück, welches mit Salzsäure Schwefelwasserstoffgas entwickelt: es ist Schwefelcalcium noch mit überschüssigem Kalk verbunden. Die Flüssigkeit hinterlässt nach dem Verdampfen auf einer Glasplatte ein weisses Salzpulver, welches alkalisch reagirt und mit Salzsäure braust, ohne jedoch dabei unangenehm zu riechen: es ist kohlensaures Natron (Soda). Der Schwefel ist also an das Calcium der Kreide getreten, der Sauerstoff und

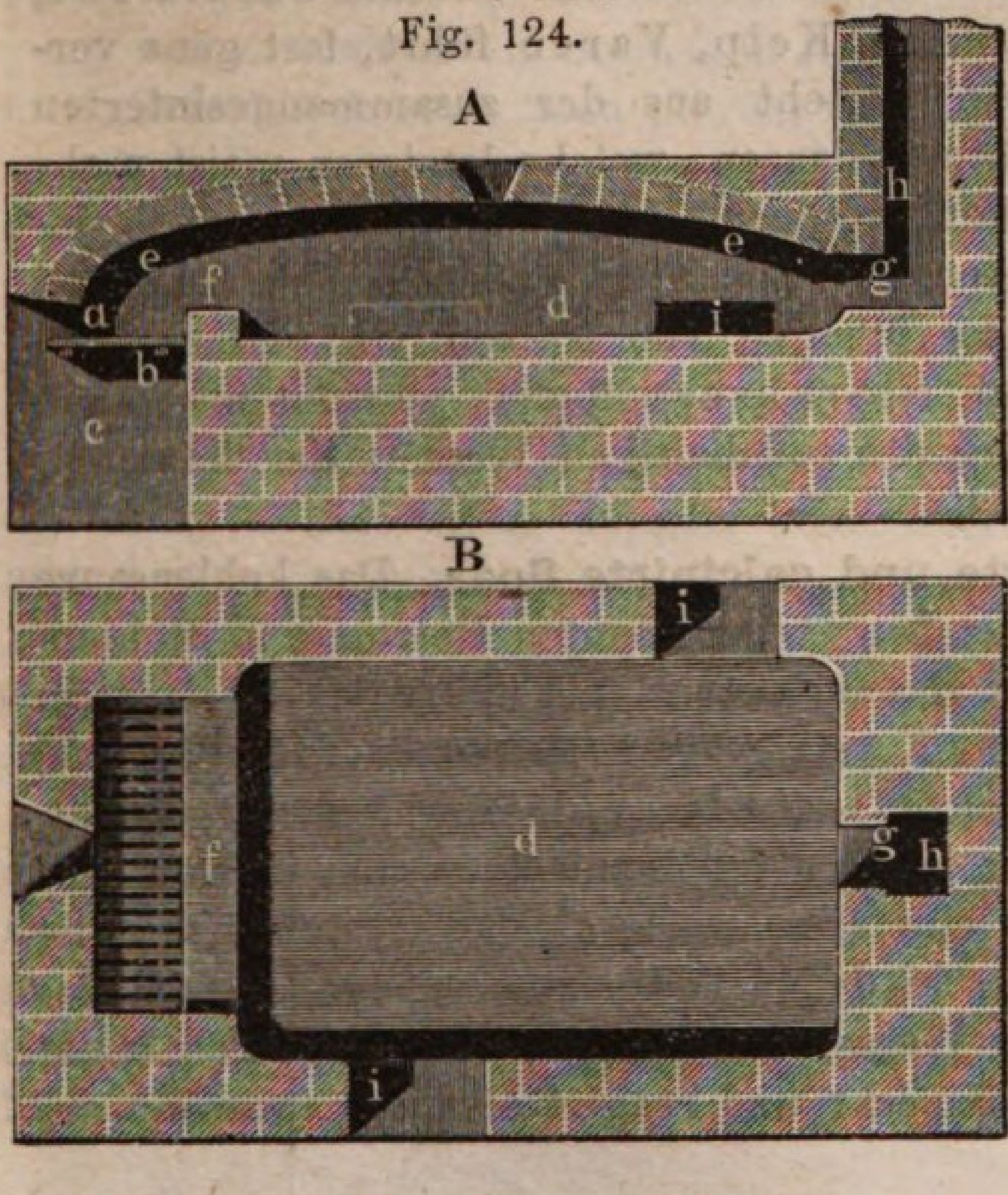
die Kohlensäure der Kreide aber an das Natrium. Aus diesen



Vorgängen kann man ersehen, dass man auch in der Chemie, wie im gewöhnlichen Leben, oft auf Umwegen etwas erreichen kann, was auf geradem Wege nicht erreichbar ist. Das Natrium hat zum Chlor eine stärkere Affinität als zum Sauerstoff, wir können daher aus dem Kochsalze nicht direct Natron darstellen; wohl aber können wir durch Schwefelsäure leicht das Haloidsalz in ein Sauerstoffsalz, in schwefelsaures Natron umwandeln. Aus diesem lässt sich die starke Schwefelsäure nicht direct austreiben, wir zersetzen sie daher in Sauerstoff und Schwefel und entfernen nachher den Schwefel durch ein anderes Metall, durch Calcium, welches mit dem Schwefel eine unlösliche Verbindung bildet. Wir gewinnen zwar auch hierbei noch kein freies, sondern kohlensaures Natron, die Kohlensäure ist aber bekanntlich eine so schwache Säure, dass sie mit grosser Leichtigkeit durch andere Säuren vertrieben oder durch Aetzkalk weggenommen werden kann.

304. Sodabereitung im Grossen. Für die Befriedigung des ganz ausserordentlichen Bedarfes an Soda sorgen jetzt die in grossartigstem Maassstabe angelegten Sodafabriken. In ihnen befolgt man zwar in der Hauptsache dieselbe Darstellungsmethode, welche in den vorigen Nummern angegeben worden: a. Umwandlung des Chlornatriums in schwefelsaures Natron, b. Umwandlung des schwefelsauren Na-

Fig. 124.



trons in Schwefelnatrium, c. Umwandlung des Schwefelnatriums in kohlensaures Natron; jedoch verschmilzt man die zwei Operationen b und c in eine einzige. Man setzt nämlich zu dem Glaubersalze und der Kohle sogleich Kreide oder Kalkstein hinzu und erhitzt das Gemenge. Das Erhitzen geschieht in grossen backofenförmigen Oefen (Fig. 124). *a* ist die Feuerungsthür, *b* der Rost, *c* der Aschenfall, *d* die Heerdplatte, auf welche das Gemenge geschüttet wird, *e* das Gewölbe des Ofens, *g*, *h* der Schornstein, *i i* Oeffnungen zum Umrühren und Herausnehmen der Schmelzmasse. Solche Oefen heissen Flammenöfen, weil das Erhitzen nicht durch das Brennmaterial selbst, sondern nur durch die über die Brücke *f* streichende Flamme bewirkt wird. Sie gewähren den grossen Vortheil, dass die Asche der Steinkohlen oder des Torfes nicht unter die zu erhitzenden Stoffe kommen kann. Die schlackenartige, aus kohlensaurem Natron, Aetznatron, Schwefelcalcium und Kalk bestehende rohe Soda wird zuletzt mit warmem Wasser behandelt, welches die beiden ersten Substanzen auflöst, die letzten beiden aber ungelöst zurücklässt (Sodarückstände). Manche Fabriken bereiten Soda aus Kryolith (360).

Durch diese künstliche Soda ist die sehr unreine natürliche, welche die Namen Barilla, Kelp, Varec führt, fast ganz verdrängt worden. Diese besteht aus der zusammengesinterten Asche verschiedener Strandpflanzen, welche letzteren meist mehr Natron als Kali enthalten, während in den Landpflanzen, so namentlich in allen unseren Culturpflanzen, neben reichlichem Kali nur sehr unbeträchtliche Mengen von Natron vorkommen. In Ländern, in denen sich Natronseen finden, gewinnt man auch Soda durch Verdunstung des sodahaltigen Wassers der letzteren.

305. Krystallisirte und calcinirte Soda. Das kohlensaure Natron besteht aus gleichen Aequivalenten Natron und Kohlensäure. Man hat es im Handel entweder krystallisirt — dann enthält es über die Hälfte Krystallwasser (10 Aeq. oder fast 63 Proc.) und verwittert sehr leicht —, oder calcinirt, d. h. geglüht, also ohne Wasser. Das letztere ist demnach, wenn es rein vorkommt, mehr als noch einmal so stark, als das krystallisirte. Die Gehaltsprüfung der verschiedenen Sodasorten erfolgt mittelst des Alkalimeters (272). In Wasser ist das kohlensaure Natron leicht löslich. Die Lösung schmeckt und reagirt alkalisch, wie die des

kohlensauren Kalis. Da die Soda in ihren Eigenschaften fast ganz mit der Pottasche übereinkommt, auch wesentlich billiger ist als diese, so vertritt sie deren Stelle jetzt bei den meisten Gewerben, welche Alkalien zu ihrem Geschäftsbetriebe brauchen, als z. B. zum Waschen und Bleichen, zur Darstellung von Seife und Glas und zu vielen anderen Zwecken (Soda in Mineralwässern s. 306).

Zweifach kohlensaures Natron ($NaO, CO_2 + HO CO_2$).

306. Dieses jetzt viel gebrauchte Salz entsteht, wenn man in eine concentrirte Lösung von kohlensaurem Natron Kohlensäure einleitet, oder eine trockne Mischung aus 1 Thl. krystallisirtem und 3 Thln. calcinirtem kohlensauren Natron mit überschüssiger Kohlensäure zusammenbringt. Man erhält es im ersteren Falle als ein krystallinisches Pulver, im letzteren als eine weisse, zusammengesinterte Salzmasse. Es ist schwerer löslich in Wasser als das einfach kohlensaure Natron, entwickelt aber mit Säuren die doppelte Menge von Kohlensäure; letzterer Eigenschaft wegen findet es allgemeine Anwendung bei der Anfertigung von moussirenden Getränken (199), künstlichen Mineralwässern (Sodawasser etc.), Soda powder und Brausepulver.

Um Brausepulver darzustellen, verreibt man 2 Thle. Weinsäure und 3 Thle. zweifach kohlensaures Natron mit einander. Wirft man dieses Gemisch in Wasser, so bildet sich weinsaures Natron und die Kohlensäure entweicht. Die jetzt so verbreiteten getheilten Brausepulver enthalten gewöhnlich 1 Grm. feingeriebene Weinsteinsäure in weissem Papier und 1,5 Grm. feingeriebenes doppelt kohlensaures Natron in rother oder blauer Papierkapsel.

Beim Erhitzen des trocknen oder gelösten Salzes entweicht die Hälfte der Kohlensäure und das Wasser (273), und einfach kohlensaures Natron bleibt zurück. Alle alkalischen Mineralwässer (Natrokrenen) enthalten zweifach kohlensaures Natron, in ihrem Abdampfungsrückstande findet sich daher einfach kohlensaures Natron. Das sogenannte Carlsbader Salz, welches man aus dem Carlsbader Mineralwasser durch Verdampfung erhält, besteht aus einem Gemenge von kohlensaurem und schwefelsaurem Natron.

Natriumoxyd oder Natron (NaO).

(Aeq.-Gew. = 31; als Hydrat = 40.)

307. Nimmt man der Soda die Kohlensäure, so bleibt Natron (Natriumoxyd) übrig. Dies geschieht durch Kochen einer Sodalösung mit gebranntem Kalk, gerade so, wie es bei dem Kali (274) angegeben worden ist. Die Flüssigkeit, die man auf diese Weise erhält, heisst Aetznatronlauge und hinterlässt nach dem Abdampfen trocknes kaustisches oder ätzendes Natron. Dieses enthält, wie das Aetzkali, noch 1 Aeq. Wasser, welches es selbst beim Glühen nicht abgiebt; man bezeichnet es daher richtiger mit dem Namen Natronhydrat (NaO, HO). Das Natronhydrat wirkt ätzend, giebt mit Fetten Seifen, und zwar harte, mit Sand geschmolzen Glas, und ist eine sehr starke Basis, ganz ähnlich wie das Aetzkali, dem es beim Gebrauche im gewerblichen Leben gegenwärtig oft vorgezogen wird.

Natrium (Na).

308. Entzieht man dem Natron seinen Sauerstoff, so erhält man Natriummetall. Dieses Metall wird wie das Kalium bereitet und hat auch mit diesem die grösste Aehnlichkeit; es ist silberweiss, weich und geschmeidig wie dieses, und ebenfalls leichter als Wasser. Auf andere Körper wirkt es nicht ganz so heftig, wie sein Verhalten zu Wasser zeigt. Auf kaltem Wasser oxydirt es sich ohne Flamme (85), auf heissem aber entzündet sich der entweichende Wasserstoff und verbrennt mit gelber Flamme; die gelbe Färbung rührt vom Natriumdampf her.

309. Rückblick. Wir sind jetzt von dem verbreitetsten Natronsalze, dem Kochsalze, bis zum einfachen Natrium in der Reihefolge aufgestiegen, die man zu beobachten hat, wenn man sich diese Körper wirklich darstellen will. Ehe die weiteren Natriumsalze folgen, mag ein flüchtiger Rückblick diese Reihenfolge noch einmal ins Gedächtniss zurückrufen: Aus Kochsalz oder Chlornatrium wird schwefelsaures Natron, aus diesem Schwefelnatrium, daraus kohlensaures Natron, dann Natron und endlich Natrium: $NaCl$ — NaO, SO_3 — NaS — NaO, CO_2 — NaO — Na.

Dreibasisch phosphorsaures Natron

$$\left(\begin{matrix}2\,NaO\\HO\end{matrix}\right\}PO_5 + 24\,HO\Big).$$

310. *Versuch.* Man neutralisire in Wasser gelöste Soda mit aus Knochen bereiteter (kalkhaltiger) Phosphorsäure und verdampfe die von dem sich hierbei ausscheidenden phosphorsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit bis zum Salzhäutchen: es werden beim Erkalten sich daraus durchsichtige Krystalle absetzen, die über die Hälfte Krystallwasser enthalten, leicht verwittern und mit Silberauflösung einen gelben Niederschlag ($3\,AgO, PO_5$) geben. Sie stellen das gewöhnliche phosphorsaure Natron des Handels dar; dreibasisch wird dieses Salz genannt, weil die aus Knochen bereitete (dreibasische) Phosphorsäure neben 2 Aeq. Natron noch 1 Aeq. Wasser so fest hält, dass wir es als zur Basis gehörig betrachten müssen, wie die folgende Nummer deutlicher zeigt. Ein anderes dreibasisches Salz enthält 1 Aeq. Natron und 2 Aeq. basisches Wasser, ein noch anderes 3 Aeq. Natron und kein basisches Wasser. Es können sich also als Basis vertreten:

$$\left.\begin{matrix}NaO\\NaO\\NaO\end{matrix}\right\}\text{ oder }\left.\begin{matrix}NaO\\NaO\\HO\end{matrix}\right\}\text{ oder }\left.\begin{matrix}NaO\\HO\\HO\end{matrix}\right\}.$$

Zweibasisch phosphorsaures Natron

$$(2\,NaO, PO_5 + 10\,HO).$$

311. Von dem phosphorsauren Natron des vorigen Versuchs lege man einige Krystalle an einen warmen Ort: sie beschlagen weiss und zerfallen endlich zu einem weissen Pulver (verwittern), weil sich das Krystallwasser des Salzes nach und nach verflüchtigt. Man kann auf diese Weise, ohne eine Temperatur von 100° anzuwenden, die 24 Aeq. (oder 63 Proc.) Wasser desselben völlig entfernen, nicht aber das basische Wasseräquivalent, welches erst in der Glühhitze entweicht.

Versuch. Man erhitze die zerfallene Salzmasse in einem Porcellantiegel bis zum Glühen, löse sie nach dem Erkalten in Wasser auf und verdampfe die Lösung: man erhält jetzt beim Abkühlen ein ganz anderes Salz, von anderer Krystallform und mit nur 10 Aeq. (oder 41 Proc.) Krystallwasser, zweibasisches oder

pyrophosphorsaures Natron. Seine veränderten Eigenschaften geben sich noch dadurch zu erkennen, dass es in der Wärme nicht verwittert und mit Silberlösung einen weissen Niederschlag ($2\,AgO, PO_5$) liefert. Ein anderes zweibasisches Salz enthält statt des zweiten Aequivalents Natron 1 Aeq. basisches Wasser. Hier können sich also als Basis vertreten:

Fig. 125.



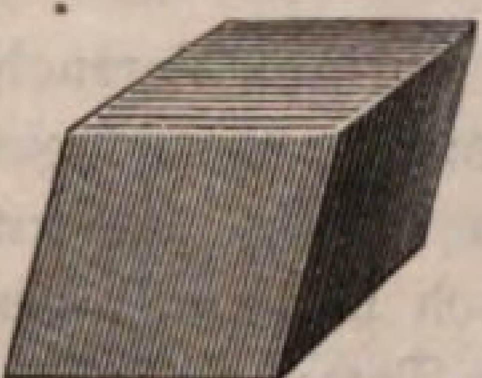
$$\left.\begin{matrix} NaO \\ NaO \end{matrix}\right\} \text{ oder } \left.\begin{matrix} NaO \\ HO \end{matrix}\right\}.$$

Im einbasisch-phosphorsauren oder metaphosphorsauren Natron ist nur 1 Aeq. Natron mit 1 Aeq. Phosphorsäure verbunden (NaO, PO_5). Aehnlich wie das Natron verhalten sich auch andere Basen zu den drei Modificationen der Phosphorsäure. Die Verbindungen mit Kali und Ammoniak sind meist löslich, die mit den erdigen und metallischen Basen meist unlöslich.

Salpetersaures Natron (NaO, NO_5).

312. *Versuch.* 1 Loth Soda wird in wenig heissem Wasser gelöst und mit Salpetersäure neutralisirt; nach dem Abdampfen bis zum Salzhäutchen scheiden sich Krystalle aus von der Form eines verschobenen Würfels (Rhomboëder); sie sind salpetersaures Natron (Natronsalpeter). Auf Kohle verpuffen dieselben wie Kalisalpeter, nur etwas langsamer, haben auch im Uebrigen die grösste Aehnlichkeit mit letzterem. Von diesem Salze finden sich in Amerika, namentlich in Chili und Peru, grosse Lager in der Erde, und wir bekommen bedeutende Zufuhren davon unter dem Namen Chilisalpeter nach Europa und benutzen es statt des theurern Kalisalpeters zur Darstellung von Salpetersäure und anderen salpetersauren Salzen, sowie auch als ein Düngemittel von stark treibender Kraft. Zur Bereitung von Schiesspulver eignet es sich nicht, weil das so bereitete Pulver feucht wird und zu langsam verpufft.

Fig. 126.



Borsaures Natron oder Borax ($NaO, 2BO_3 + 10HO$).

313. Die harten, farblosen, meist weiss bestäubten Krystalle, welche im gewöhnlichen Leben den Namen Borax führen, bestehen aus zweifach borsaurem Natron. Die Borsäure ist auf nassem Wege eine sehr schwache Säure; daher kommt es, dass sie, ähnlich der Kohlensäure, die Eigenschaften des Natrons nicht ganz verdecken kann und der Borax laugenhaft schmeckt und rothes Probirpapier bläut. Beinahe die Hälfte des Gewichts der Boraxkrystalle besteht aus Krystallwasser (47 Proc.). Der Borax findet sich fertig gebildet in manchen Seen in Asien (Tinkal); man bereitet ihn jetzt aber auch aus der Borsäure, die aus einigen heissen Quellen Italiens gewonnen wird, indem man diese mit Natron neutralisirt.

Boraxperle. *Versuch.* Man erhitze etwas Boraxpulver auf Platindraht vor dem Löthrohre: es blähet sich durch den Dampf des entweichenden Krystallwassers zu einer lockeren, schwammigen Masse auf; bei fortgesetztem Erhitzen schmilzt diese zu einer durchsichtigen Glasperle zusammen. Man feuchte die Glasperle mit der Zunge an, drücke sie auf Bleiglätte, damit von letzterer etwas daran hängen bleibe, und halte sie wieder in die äussere Löthrohrflamme: das Bleioxyd wird aufgelöst; die Perle bleibt farblos und durchsichtig. Stellt man gleiche Schmelzproben mit Borax und anderen Metalloxyden an, so wird man gleichfalls eine Lösung der Oxyde, zugleich aber eine Färbung der Perle bemerken, nämlich eine gelbrothe durch Eisenoxyd und Antimonoxyd, eine grüne durch Kupfer- und Chromoxyd, eine blaue durch Kobaltoxyd, eine violette durch wenig Braunstein, eine braunschwarze durch viel Braunstein etc. Wie hier, so verhalten sich diese Metalloxyde auch, wenn sie auf gewöhnliches Glas oder auf Thonwaaren gestrichen und bis zum Schmelzen erhitzt werden. Man nennt sie deswegen Schmelz- oder Glas- und Porcellanfarben (borsaure oder kieselsaure Metalloxyde.)

314. Löthen mit Borax. Wegen der Eigenschaft des Borax, Metalloxyde aufzulösen, benutzt man ihn in der Chemie zur Erkennung von Metalloxyden durch Löthrohrversuche, im ge-

werblichen Leben aber zum Verbinden eines Metalles mit einem andern, zum Löthen.

Versuch. Auf einen Kupferpfennig, den man mit einer Zange in eine Spiritusflamme hält, lege man ein Stückchen Zinn und einen Eisendraht: das Zinn wird zwar schmelzen, aber weder an dem Kupfer noch Eisen festhaften. Nun wiederhole man den Versuch, bestreiche aber zuvor die Kupfermünze und den Draht mit einem Breie aus Boraxpulver und Wasser: der Erfolg ist jetzt ein ganz anderer, denn das schmelzende Zinn vereinigt sich mit beiden Metallen und der Draht erscheint nach dem Erkalten auf der Münze festgelöthet. Die Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens ist folgende: Metalle haften nur an Metallen, wenn sie reine, glänzende Oberflächen haben; die reine Oberfläche geht beim Erhitzen der Metalle verloren, weil sich durch den Sauerstoff der Luft eine Oxydschicht auf ihnen bildet, sie wird aber wieder hergestellt durch den Borax, der, wenn er schmilzt, das entstandene Oxyd auflöst.

Fig. 127.



Kieselsaures Natron (Natronsilicate).

315. Wie die Borsäure mit dem Natron eine Verbindung darstellt, die in der Hitze glasartig wird, so giebt auch die der Borsäure sehr ähnliche Kieselsäure (Kieselerde) mit dem Natron, wie auch mit anderen Basen, z. B. mit Kali, Kalk, Bleioxyd, Eisenoxyd etc., glasige (amorphe) Verbindungen. Was wir im gewöhnlichen Leben Glas, Glasur, Email und Schlacke nennen, gehört hierher.

Lösliches Glas. *Versuch.* Man schmelze etwas Soda auf einem Platindrahte vor dem Löthrohr und bringe dann ein wenig feingeriebenen Sand hinzu: es entsteht ein Aufbrausen von entweichender Kohlensäure und später eine klare Perle. Bei

wenig Sand lässt sich das entstandene Glas (basisch kieselsaures Natron) durch lange anhaltendes Kochen in Wasser auflösen; das auf diese Weise oder durch Kochen von feingemahlenem Feuerstein oder Infusorienerde mit starker Natronlauge dargestellte Natronwasserglas findet dieselbe technische Verwendung wie das Kaliwasserglas (291).

Fast unlösliches Glas. Schmilzt man die Soda mit grösseren Mengen von Kieselerde zusammen, so erhält man neutrales oder aber saures kieselsaures Natron, Gläser, welche sich nur sehr schwer in Wasser lösen. Natronsilicate dieser Art sind im Mineralreiche sehr verbreitet, insbesondere mit Thonerdesilicat verbunden (und dann ganz unlöslich), in vielen Arten von Feldspath und anderen Doppelsilicaten.

Ganz unlösliches Glas. Zu einem nicht nur in Wasser, sondern auch in Säuren ganz unlöslichen Glase wird das kieselsaure Natron (oder Kali) erst dann, wenn man mit ihm noch eine zweite, erdige oder metallische Basis, z. B. Kalk oder Bleioxyd, verbindet. Die auf diese Weise erzeugten künstlichen Doppelsilicate stellen unsere gewöhnlichen Glassorten dar.

Glasbereitung.

316. Zur Glasfabrikation dienen hauptsächlich folgende Materialien: a. Quarz, Feuerstein (Flint) oder Sand, b. Pottasche oder Holzasche, c. Soda oder Glaubersalz, d. Kalk oder Kreide, e. Bleiglätte oder Mennige. Diese Substanzen werden feingemahlen mit einander gemengt, in Thontöpfe (Häfen) geschüttet und in einem Ofen so lange erhitzt, bis die Masse gleichmässig flüssig geworden ist. In diesem Zustande lässt sie sich wie Wachs ausdehnen und biegen, ausgiessen und in Formen pressen, zerschneiden und aufblasen und sonach zu allen möglichen Gegenständen verarbeiten; beim Erkalten wird sie spröde und hart. Um die Sprödigkeit in etwas zu vermindern, muss man die Glassachen sehr langsam abkühlen. Schnell erkaltete Glasgefässe springen oft schon, wenn man sie aus einem warmen Zimmer in ein kaltes trägt; durch langsames Erwärmen solcher Gefässe in einem Kessel mit Wasser bis zum Kochen des letzteren und nachheriges sehr langsames Abkühlen lässt sich dieser Fehler einigermaassen verbessern.

Zum Färben und Bemalen von Glas wendet man die 313. genannten Schmelzfarben an. Die milchweisse Färbung, welche wir an dem sogenannten Milchglase der Lampenschirme und dem Email der Uhrenzifferblätter bemerken, wird durch feingemahlene Knochenerde oder Zinnoxyd hervorgebracht, welche zwei Stoffe von der Glasmasse nicht aufgelöst werden, sondern sich nur mechanisch mit derselben vermengen und sie, ähnlich wie die Kreide das Wasser, undurchsichtig machen. Geschliffen werden die Gläser mit Sand und Smirgel, polirt mit Eisenoxyd und Tripel, geätzt durch Flusssäure, durchbohrt auf eine sehr leichte Weise mit einer zerbrochenen Feile, die man öfters mit Terpentinöl befeuchtet.

Die zwei Hauptgattungen von Glas sind:

a. Kron- oder böhmisches Glas (Kalkglas), bestehend aus Kali (Natron), Kalk und Kieselerde = Kalikalksilicat oder Natronkalksilicat. Das erstere ist sehr hart und schmilzt sehr schwer, ist also für chemische Zwecke das brauchbarste.

b. Flint- oder Krystallglas (Bleiglas), bestehend aus Kali, Bleioxyd und Kieselerde = Kalibleioxydsilicat. Dieses ist zwar schwerer und lichtbrechender als das vorige, zugleich aber weicher und leichter schmelzbar; auch widersteht dasselbe den starken Laugen und Säuren nicht so vollständig als das Kalikalkglas.

Das gewöhnliche Flaschenglas enthält dieselben Bestandtheile wie das Kronglas, ausserdem aber noch kieselsaures Eisenoxyd, wodurch es braungelb, oder kieselsaures Eisenoxydul, wodurch es grün bis schwarz gefärbt wird. Dieses Eisen rührt von den unreinen Materialien (gelber Sand und Holzasche) her, welche zur Darstellung der ordinairen Glassorten angewendet werden.

Erkennung der Natriumverbindungen.

317. Die Natriumsalze sind den Kaliumsalzen sehr ähnlich, viele derselben verwittern in der Wärme, weil sie sehr bedeutende Mengen von Krystallwasser in sich schliessen. Durchs Löthrohr auf Platindraht erhitzt, färben sie die äussere Flamme intensiv gelb, ebenso die Spiritusflamme. Im Spectralapparat ge-

ben sie eine sehr charakteristische gelbe Linie. Antimonsaures Kali erzeugt in neutralen oder alkalischen Natronlösungen einen weissen, krystallinischen Niederschlag von antimonsaurem Natron.

Systematische Zusammenstellung der Kalium- und Natriumverbindungen.

Metalle: Kalium.	Natrium.
Oxyde: Kaliumoxyd oder Aetzkali.	Natriumoxyd oder Aetznatron.
Schwefelmetalle: Schwefelkalium oder Kalischwefelleber.	Schwefelnatrium oder Natronschwefelleber.
Haloidsalze: Chlorkalium.	Chlornatrium.
Jodkalium.	Jodnatrium.
Cyankalium.	
Sauerstoffsalze: Kohlensaures Kali oder Pottasche.	Kohlensaures Natron oder Soda.
Zweifach kohlensaures Kali.	Zweifach kohlensaures Natron.
Chlorsaures Kali.	Chlorsaures Natron.
Salpetersaures Kali oder Salpeter.	Salpetersaures Natron oder Chilisalpeter.
Schwefelsaures Kali.	Schwefelsaures Natron oder Glaubersalz.
Zweifach schwefels. Kali.	Zweifach schwefelsaures Natron.
Schwefligsaures Kali.	Schwefligsaures Natron.
Unterschwefligsaures Kali.	Unterschwefligsaures Natron.
Phosphorsaures Kali, ein-, zwei-, dreibasisch etc.	Phosphorsaures Natron, ein-, zwei-, dreibasisch etc.
Basisch kieselsaures Kali.	Basisch kieselsaures Natron.
Neutrales kieselsaures Kali.	Neutrales kieselsaures Natron.
Saures kieselsaures Kali.	Saures kieselsaures Natron.
	Zweif. borsaures Natron od. Borax.
Weinsaures Kali.	Weinsaures Natron.
Zweifach weinsaures Kali oder Weinstein etc.	Kali-Natron- } Weinstein.
Zweifach oxalsaures Kali oder Kleesalz etc.	

Lithium (Li).

(Aeq.-Gew. = 7. — Specif. Gew. = 0,59.)

— 1715 von Arfvedson entdeckt. —

318. Das Lithium kommt nur spärlich in einigen Mineralien, z. B. dem Lithionglimmer, vor, spurenweise jedoch auch in einigen Mineralwässern, in der Ackererde, der Holzasche, dem Tabacksrauche und anderen. Es ist silberweiss, weich und so leicht, dass es auf Steinöl schwimmt; auf Wasser gelegt, oxydirt es sich, wie das Natrium, zu Lithiumoxyd oder Lithion, welches als Hydrat dem Kalihydrat ähnlich ist. Die Lithiumsalze färben die Weingeist- und Löthrohrflamme carminroth und geben auch eine carminrothe Spectrallinie. Das phosphorsaure Lithion ist unlöslich, das kohlensaure Lithion schwer löslich, das Chlorlithium sehr leicht löslich.

Caesium (Cs) und Rubidium (Rb).

(Aeq.-Gew. = 133.) (Aeq.-Gew. = 85,4.)

— 1861 von Bunsen und Kirchhoff entdeckt. —

319. Diese zwei Metalle haben insbesondere dadurch ein ungewöhnliches Interesse erregt, dass man die erste Kunde von ihrer Existenz bei optischen Untersuchungen erlangte, welche zugleich zu einer neuen Erkennungsmethode vieler Körper von kaum glaublicher Schärfe führten (siehe Spectralanalyse). Die Namen Caesium und Rubidium sollen daran erinnern, dass die Salze des ersteren zwei charakteristische hellblaue, die des letzteren zwei dunkelrothe Spectrallinien geben; im Uebrigen verhalten die Verbindungen derselben sich den entsprechenden Kaliumverbindungen so ähnlich, dass sie kaum von diesen unterschieden werden können. Auch ihr Vorkommen knüpft sich an die letzteren; das in Salzsoolen, Mineralwässern und Pflanzenaschen enthaltene Kalium wird häufig von kleinen Mengen von Caesium und Rubidium begleitet.

Ammonium ($NH_4 = 18$).

320. Wie der Stickstoff mit 2 Aeq. Kohlenstoff das als ein zusammengesetztes Metalloid anzusehende Cyan darstellt, so lie-

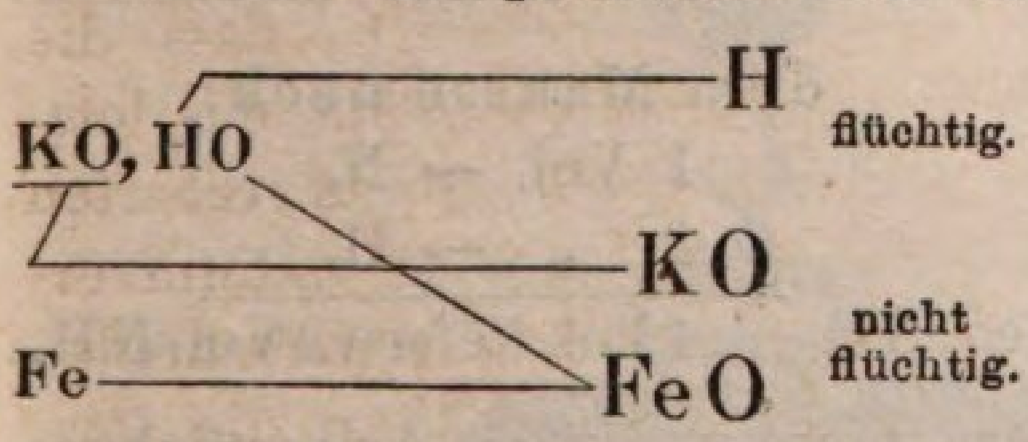
fert derselbe mit 4 Aeq. Wasserstoff eine Verbindung, welche sich wie ein zusammengesetztes Metall und zwar wie ein Alkalimetall verhält, das Ammonium. In freiem Zustande kennt man dasselbe noch nicht, da es sich alsbald in NH_3 (Ammoniak) und H zerlegt; man weiss nur, dass es unter starkem Drucke eine blaue, metallglänzende Flüssigkeit darstellt und mit Quecksilber zu einem Amalgam, mit Schwefel, Chlor und anderen Metalloiden aber zu Verbindungen zusammentritt, welche den Kalium- und Natriumverbindungen sehr ähnlich sind. Ebenso zeigt das Ammoniumoxyd oder Ammon, NH_4O, in seinen Verbindungen mit Säuren ein dem Kali und Natron ganz analoges Verhalten; es ist, wie diese, eine sehr starke Basis, welche man gewöhnlich als eine Verbindung von Ammoniak mit Wasser, $NH_3 + HO$, anzusehen pflegt, weil es in diese zerfällt, sobald es aus einer Salzverbindung in Freiheit gesetzt wird.

Ammoniak (NH_3).

(Aeq.-Gew. = 17. — Specif. Gew. [als Gas] = 0,59.)

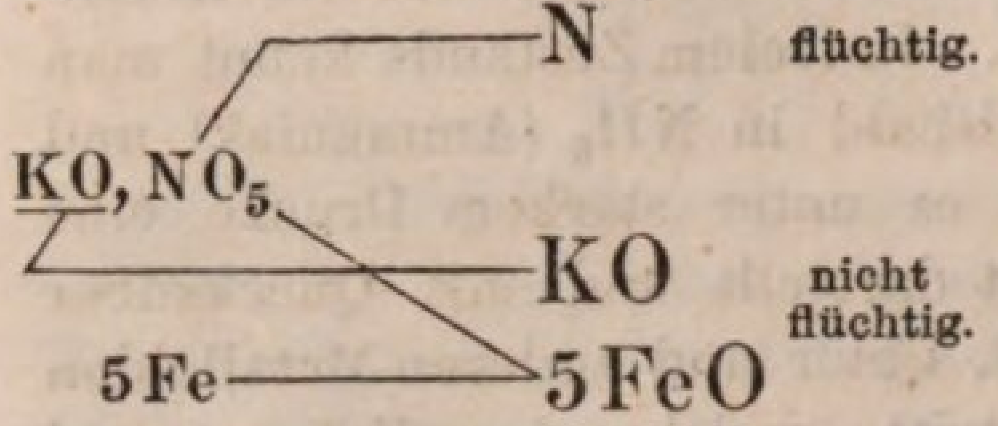
— Lange bekannt; Zusammensetzung 1785 von Berthollet bestimmt. —

321. Ammoniak aus seinen Elementen. *Versuch* a. 4 Grm. feine Eisenfeile und 0,2 Grm. Kalihydrat (Aetzkali) werden genau gemischt und in einem Probirgläschen, welches mit einer gebogenen Glasröhre verbunden ist (Fig. 29), erhitzt. Wenn die atmosphärische Luft entwichen ist, fängt man das sich entwickelnde Gas in einem besonderen Gläschen auf; es lässt sich durch einen brennenden Holzspan entzünden: es ist Wasserstoff. Dieser kommt aus dem Wasser des Kalihydrats, dessen Sauerstoff sich mit dem Eisen verbindet. Das Kali wirkt lediglich in der Weise, dass es das Wasser bis zur Glühhitze festhält: Wasser allein würde sich nur bis 100⁰ erhitzen lassen.



Versuch b. 4 Grm. Eisenfeile und 0,2 Grm. Salpeter werden auf dieselbe Weise erhitzt: man erhält eine Luftart, in der ein brennender Holzspan verlöscht, den bekannten Stick-

stoff. Es geht der Salpetersäure wie dem Wasser: das Eisen entzieht ihr den Sauerstoff und ihr zweiter Bestandtheil, der Stickstoff, wird dadurch in Freiheit gesetzt und entweicht.



Versuch c. Man vereinige die vorigen zwei Versuche zu einem einzigen, man erhitze nämlich 8 Grm. Eisenfeile gleichzeitig mit 0,2 Grm. Kalihydrat und 0,2 Grm. Salpeter, und zwar in einem offenen Probirgläschen: es entwickelt sich weder Wasserstoff noch Stickstoff, sondern eine Verbindung von beiden als eine Luftart von stechendem Geruch, gleich dem des Salmiakgeistes. Ein in das Gläschen gehaltener Streifen von feuchtem rothen Probirpapier wird blau: die neue Luftart ist also basischer Natur; wir nennen sie Ammoniak. Das Ammoniak ist, wie man sieht, eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Stickstoff. Diese beiden Körper vereinigen sich aber nur dann mit einander, wenn sie sich in dem Augenblicke begegnen, wo sie eben aus einer anderen Verbindung frei werden (in statu nascenti); kommen sie erst später zusammen, wenn sie bereits gasförmig geworden sind, so findet keine Vereinigung statt.

322. Bestandtheile des Ammoniaks. Wenn Stickstoff sich mit dem Wasserstoff verbindet, so treten immer zusammen:

dem Gewichte nach:	dem Maasse nach:
1 Aeq. N = 14 Grm. und	1 Vol. — N,
3 „ H = 3 „	3 „ — H,
4 Aeq. liefern 17 Grm. oder 1 Aeq. NH_3.	4 Vol. liefern 2 Vol. NH_3.

1 Maass N und 3 Maass H liefern nicht 4 Maass Ammoniakgas, sondern nur 2 Maass; das Ammoniakgas nimmt demnach nur einen halb so grossen Raum ein als seine Bestandtheile vorher einnahmen; es tritt bei dieser chemischen Verbindung eine Verdichtung auf $1/2$ ein. 1 Vol. Ammoniakgas enthält $1/2$ Vol. Stickgas und $1 1/2$ Vol. Wasserstoffgas. Bei der Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff zu Wasser beträgt die Verdichtung nur $1/3$ (93); bei der Verbindung des Wasserstoffs mit Chlor zu Salzsäure findet gar keine Verdichtung statt (241). Durch starken

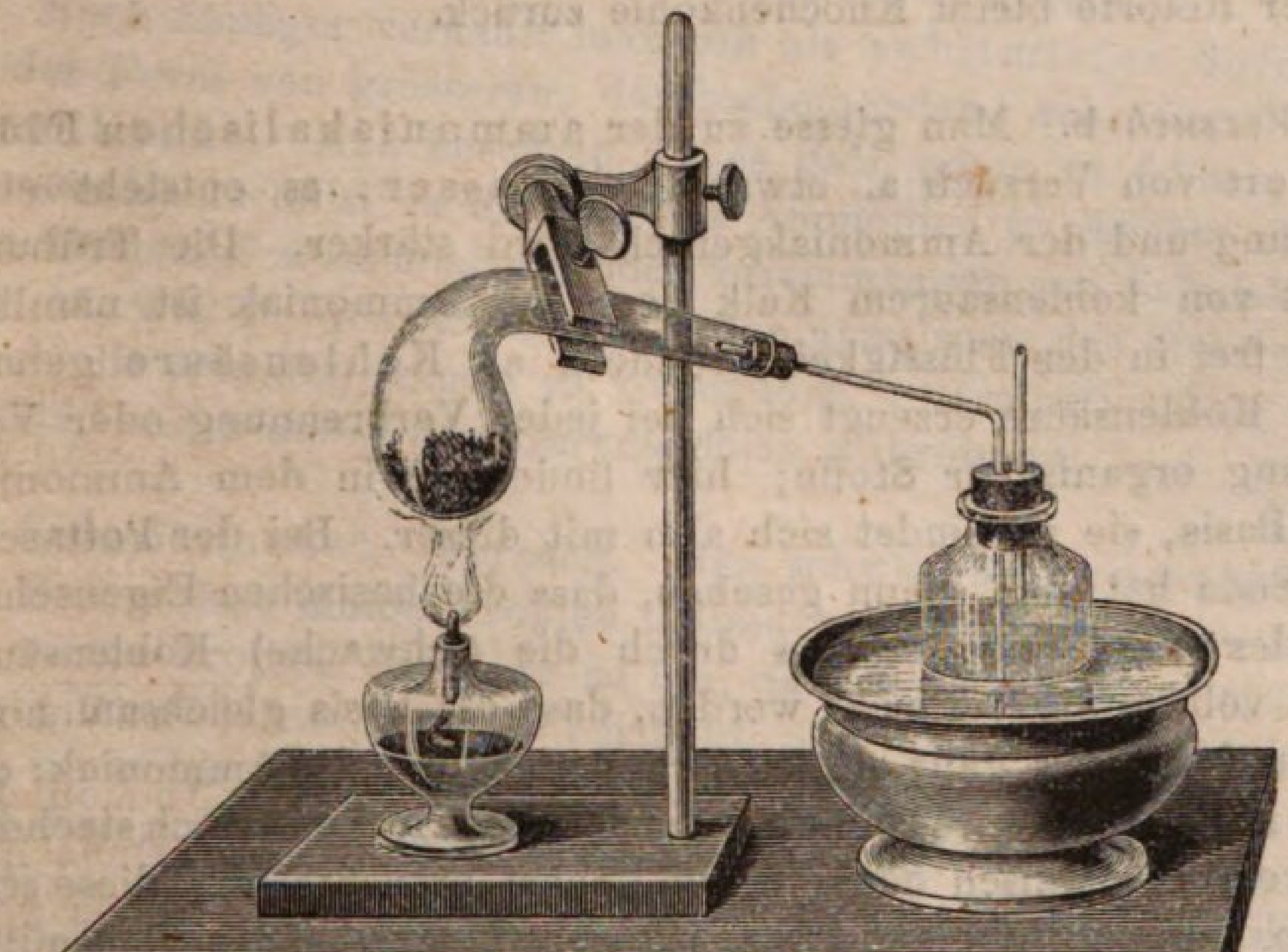
Druck oder starke Kälte lässt sich das Ammoniakgas zu einer Flüssigkeit von nur 0,62 specif. Gewicht verdichten.

Trennt sich von dem Ammoniak 1 Aeq. H, so entsteht Amid, NH_2, welches man in manchen zusammengesetzten metallischen und anderen Verbindungen antrifft.

323. Ammoniak aus thierischen Stoffen. Ammoniak wird auch gebildet, wenn thierische Stoffe der trocknen Destillation unterworfen, d. h. bei abgeschlossener Luft erhitzt werden. In diesen Stoffen ist jederzeit Stickstoff und Wasserstoff enthalten, welche in dem Momente, wo sie durch die Hitze zur Freiheit gelangen, sich mit einander zu Ammoniak vereinigen. Man schlägt diesen Weg ein, um Ammoniakverbindungen im Grossen darzustellen (Ammoniakbildung bei der Fäulniss siehe Nr. 330).

Versuch a. 20 Grm. Knochen werden gröblich zerstossen und in einer Retorte so lange erhitzt, als noch flüchtige Theile

Fig. 128.



daraus entweichen. Mit der Retorte verbindet man durch eine gebogene Glasröhre ein Fläschchen, welches einen Querfinger hoch mit Wasser gefüllt und zur besseren Abkühlung in eine

Schüssel mit Wasser gestellt wird. In den Kork der Vorlage bringt man noch eine zweite, oben und unten offene Glasröhre, durch welche die Gasarten entweichen können, die von dem Wasser nicht verschluckt werden. Diese riechen sehr unangenehm, der Geruch verschwindet aber, wenn man sie anzündet; die Gase brennen dann mit leuchtender Flamme, wie Steinkohlengas, dem sie auch in ihrer Zusammensetzung sehr nahe stehen. In dem Glase setzt sich ein braunschwarzer Theer ab, der unter dem Namen Stinköl oder Franzosenöl bekannt ist; er wird nach Beendigung der trocknen Destillation von der wässrigen Flüssigkeit mittelst Filtration durch ein zuvor mit Wasser angefeuchtetes Papierfiltrum getrennt. Die durchgelaufene Flüssigkeit hält noch etwas Stinköl aufgelöst und hat deshalb eine braune Farbe und einen sehr unangenehmen Geruch. Neben diesem bemerkt man aber zugleich einen stechenden Geruch nach Ammoniak, welches letztere sich auch durch eingetauchtes rothes Probirpapier kund giebt, dessen Farbe in Blau umgeändert wird. In der Retorte bleibt Knochenkohle zurück.

Versuch b. Man giesse zu der ammoniakalischen Flüssigkeit von Versuch a. etwas Kalkwasser: es entsteht eine Trübung und der Ammoniakgeruch wird stärker. Die Trübung rührt von kohlensaurem Kalk her; das Ammoniak ist nämlich nicht frei in der Flüssigkeit, sondern an Kohlensäure gebunden. Kohlensäure erzeugt sich bei jeder Verbrennung oder Verkohlung organischer Stoffe; hier findet sie in dem Ammoniak eine Basis, sie verbindet sich also mit dieser. Bei der Pottasche und Soda hat man schon gesehen, dass die basischen Eigenschaften des Kalis und Natrons durch die (schwache) Kohlensäure nicht vollständig verdeckt werden, dass die Basis gleichsam noch durchschimmert; ganz ebenso verhält sich auch das Ammoniak: obwohl mit Kohlensäure chemisch verbunden, riecht es doch stechend und reagirt alkalisch oder basisch. Sonst brauchte man diese stinkende, braune Flüssigkeit als ein schweisstreibendes Hausmittel und nannte sie Hirschhorngeist, weil man sie, statt aus Knochen, aus Hirschgeweihen darstellte. Aus demselben Grunde erhielt das daraus dargestellte unreine, brenzlich-kohlensaure Ammoniak den noch jetzt häufig vorkommenden Namen Hirschhornsalz (reines kohlensaures Ammoniak siehe 327).

Die Trennung des Ammoniaks von dem anhängenden Stinköl erfolgt am leichtesten, wenn man das erstere in salzsaures oder schwefelsaures Ammoniak verwandelt.

Chlorammonium, salzsaures Ammoniak oder Salmiak (NH_4Cl oder NH_3, HCl).

324. Bereitung. *Versuch.* Die bei dem vorigen Versuche erhaltene ammoniakalische Flüssigkeit wird mit Salzsäure neutralisirt, mit etwas Knochenkohle gekocht und filtrirt. Die Flüssigkeit ist nach der Filtration weniger gefärbt als vorher, weil sich ein grosser Theil der färbenden Stoffe in die Kohle gezogen hat (114); sie giebt nach hinlänglichem Abdampfen braune Krystalle, die durch wiederholtes Auflösen und Kochen mit Kohle endlich ganz farblos werden. Im Handel kommt der krystallisirte Salmiak gewöhnlich als ein krystallinisches Pulver vor, weil man die Krystallisation durch Umrühren stört (52).

Noch häufiger verkauft man ihn als sublimirten Salmiak in der Form von grösseren, durchscheinenden, sehr festen und zähen Kuchen. Man bereitete dieses Salz schon in frühen Zeiten aus Kameelmist in der Provinz Ammonien in Afrika, daher sein Name Sal ammoniacum, oder zusammengezogen Salmiak. In ihm ist, wie in den übrigen Ammoniumsalzen, das Ammoniak durch die (starken) Säuren so vollständig neutralisirt, dass man es nicht mehr durch den Geruch darin wahrnimmt.

Salmiaknebel. *Versuch.* Man schwenke in einem grösseren Becherglase einige Tropfen Salmiakgeist und in einem zweiten einige Tropfen Salzsäure so um, dass die Flüssigkeit sich an den Seitenwänden der Gläser vertheilt, und stürze dann das zweite Glas über das erste: es bilden sich sofort weisse Dämpfe, die bald den ganzen Raum anfüllen und erst nach längerer Zeit sich verdichten. Die Dämpfe sind Salmiak in sehr feiner Vertheilung, der sich inmitten der Luft aus dem in diese abgedunsteten Ammoniakgas und Chlorwasserstoffgas erzeugte. Hierbei vereinigt sich genau 1 Vol. NH_3 mit 1 Vol. HCl; der Wasserstoff der Säure macht das Ammoniak zu Ammonium und dieses tritt mit dem Chlor zu einem neutralen Haloidsalze zusammen. Kleine Mengen von Ammoniak geben sich beim Entweichen dadurch zu

erkennen, dass sie um einen mit Salzsäure benetzten Glasstab herum Nebel bilden.

325. **Eigenschaften.** Salmiak ist flüchtig. *Versuch* a. Man halte etwas Salmiak auf einem Platinblech über eine Spiritusflamme: er verfliegt in weissen Dämpfen. Alle Ammonsalze sind in der Hitze flüchtig; ist die Säure des Salzes nicht flüchtig, z. B. beim phosphorsauren Ammon, so verdampft nur das Ammoniak desselben. Wird der Salmiakdampf in einem kalten Gefässe verdichtet, so erhält man ihn als einen krümlichen oder derben Sublimat.

Salmiak erzeugt Kälte. *Versuch* b. Man schütte Salmiakpulver in Wasser, in das man ein Thermometer gestellt hat: es löst sich leicht auf und die Quecksilbersäule sinkt bedeutend, weil bei der Verflüssigung Wärme gebunden wird. Man kann auf diese Weise künstliche Kälte erzeugen.

Salmiak und Kalk. *Versuch* c. Wird Salmiak — oder ein anderes Ammoniumsalz — mit gebranntem Kalk oder Kali zusammengerieben, so entwickelt er, weil der Kalk oder das Kali ihm die Salzsäure (328) entzieht, einen starken Ammoniakgeruch. Man braucht dieses Gemenge zuweilen zum Füllen von Riechfläschchen; auch benutzt man dieses Verhalten, um das Ammoniak in seinen Verbindungen zu erkennen. Zur quantitativen Bestimmung des Ammoniaks oder Ammoniums dient Platinchlorid, welches damit einen gelben Niederschlag, ein Doppelsalz von Chlorammonium und Platinchlorid (Platinsalmiak), erzeugt, den man jedoch nicht mit dem Kaliumplatinchlorid verwechseln darf (295).

Salmiak und Metalloxyde. *Versuch* d. Man lege ein linsengrosses Stückchen Zinn auf einen blankgescheuerten Kupferpfennig und halte letzteren mit einer Zange in eine Weingeistflamme (Fig. 127); ist das Zinn geschmolzen, so verreibe man es mit einem Läppchen auf der Münze: es haftet nicht auf derselben. Nun wiederhole man den Versuch, streue aber zugleich etwas Pulver von sublimirtem Salmiak auf die Kupferfläche: das Zinn wird sich jetzt beim Verreiben gleichmässig ausbreiten. Hierauf gründet sich die wichtige Anwendung des Salmiaks zum Verzinnen und Löthen. Die Salzsäure desselben verbindet sich mit dem durch das Erhitzen gebildeten

Kupferoxyd und dadurch entsteht eine glänzende Kupferfläche, auf welcher das geschmolzene Zinn festhaften kann; daher bemerkt man auch während des Verzinnens einen Geruch nach freiem Ammoniak.

Schwefelsaures Ammon oder Ammoniak
(NH_4O, SO_3 oder NH_3, HO, SO_3).

326. Wendet man Schwefelsäure statt Salzsäure zur Neutralisation der obigen ammoniakalischen Flüssigkeit an, so erhält man je nach der mehr oder weniger vollständigen Reinigung ein weisses oder braunes Salz, schwefelsaures Ammoniak. Dieses Salz wird jetzt in grossen Mengen als ein werthvolles Nebenproduct bei der Bereitung von Leuchtgas aus Steinkohlen gewonnen, welche immer etwas Stickstoff enthalten. Bei der trockenen Destillation der Steinkohlen wird deren Stickstoff als Ammoniak entwickelt, welches sich mit dem Leuchtgase verflüchtigt und in dem Wasser, durch welches man das Gas zur Reinigung treibt, auflöst. Aus diesem sogenannten Gaswasser erhält man durch Zusatz von Schwefelsäure, Abdampfen und gelindes Rösten eine schwarze (etwas kohlehaltige) Salzmasse, die als rohes schwefelsaures Ammoniak in den Handel gebracht und theils zur Alaunbereitung, theils als stark treibendes Düngemittel etc. verwendet wird.

Nicht selten enthält diese rohe Waare Rhodanammonium, welches höchst giftig auf lebende Pflanzen wirkt; setzt man zur filtrirten Lösung eines solchen unreinen Salzes einige Tropfen Eisenoxydlösung, so nimmt sie eine blutrothe Farbe an (250).

Kohlensaures Ammon oder Ammoniak
($2NH_4O, 3CO_2$ oder $2NH_3, 2HO, 3CO_2$).

327. Von dem rohen kohlensauren Ammoniak ist schon die Rede gewesen (323); das reine bereitet man sich aus Salmiak und Kreide durch Sublimation.

Versuch. In ein etwa 100 C.-C. fassendes Gläschen mit dünnem Boden (Fig. 128 a. f. S.) schütte man ein Gemisch von 20 Grm. Kreide und 10 Grm. Salmiak, stelle das Glas in ein Sandbad und erhitze es durch eine Lampe. Sowie sich stechende Dämpfe zeigen, stürzt man ein etwas grösseres leeres Glas über das erstere, in dem sich diese Dämpfe bald zu einer weissen

Salzmasse verdichten werden. Es entsteht durch doppelte Wahlverwandtschaft flüchtiges kohlensaures Ammon, welches sublimirt, und Chlorcalcium, welches zurückbleibt, weil es nicht flüchtig ist.

Fig. 129.



Das kohlensaure Ammon (richtiger anderthalb kohlensaures Ammon) ist eine weisse, stark ammoniakalisch riechende, also bei gewöhnlicher Temperatur flüchtige Masse, die an der Luft nach und nach noch mehr Kohlensäure anzieht und zu zweifach kohlensaurem Ammoniak wird. Man braucht dieses Salz häufig statt der Hefe zum Auftreiben von Backwaaren, z. B. von Pfefferkuchen, es entweicht in der Hitze in Dampfform aus dem Teige und macht ihn blasig und locker. Da dasselbe sich auch bei der Fäulniss thierischer Stoffe erzeugt, so finden wir stets kleine Mengen davon in der atmosphärischen Luft (110).

Andere Ammoniaksalze lassen sich sehr leicht aus dem kohlensauren Ammoniak dadurch darstellen, dass man die Kohlensäure desselben durch andere Säuren austreibt. Oxalsaures Ammon dient als Reagens auf Kalk. Phosphorsaures Natron-Ammon findet sich in reichlicher Menge im gefaulten Menschenurin; man gebraucht es unter dem Namen „Phosphorsalz“ häufig als Flussmittel bei Löthrohrversuchen.

Flüssiges Ammon oder Ammoniak (Salmiakgeist)
(NH_4O + Wasser oder NH_3 + Wasser).

328. *Versuch.* 10 Grm. Salmiak und 20 Grm. gelöschter Kalk werden in einem Apparate, wie Fig. 107 angegeben, mit 60 Grm. Wasser übergossen und dann gelinde erhitzt: der Kalk entzieht dem Salmiak, wie man schon oben gesehen, die Salzsäure und bildet Chlorcalcium und Wasser, während das Ammoniakgas entweicht. NH_4Cl oder NH_3, HCl mit CaO, HO geben $NH_3, 2HO$ und $CaCl$. Das Gas steigt, sowie es aus der Röhre kommt, in die Höhe, da es beinahe um die Hälfte

leichter ist als gewöhnliche Luft, es bläut rothes Lackmuspapier und bildet dicke, weisse Dämpfe von Salmiak, wenn man ein mit Salzsäure befeuchtetes Papier hineinhält. Stellt man nun ein mit 40 Grm. Wasser gefülltes Gläschen unter die Röhre, so dass diese den Boden ziemlich erreicht, so wird das Gas aufgelöst und man erhält Ammoniakwasser (Salmiakgeist oder Salmiakspiritus). Ein Maass sehr kaltes Wasser kann mehr als 600 Maass Ammoniakgas verschlucken und wird dadurch beträchtlich leichter (specif. Gew. = 0,88). Da sonach viel latente Wärme frei werden muss, so stellt man das Vorlageglas zur Abkühlung in kaltes Wasser. In den Kork des Kochfläschchens kann man eine zweite unten und oben offene gerade Röhre einpassen, um das Zurücksteigen des Wassers aus der Vorlage zu verhindern, wenn etwa die Erhitzung zufällig schwächer werden sollte. Diese Röhre muss bis auf den Boden des Fläschchens reichen, weil ausserdem das Gas durch sie entweichen würde (Fig. 99).

Der Salmiakgeist ist um so leichter, je mehr er Ammoniakgas enthält; man kann seine Stärke aus diesem Grunde sehr genau durch das specifische Gewicht ermitteln. Bei dem Salmiakgeist des Handels beträgt dasselbe gewöhnlich 0,92. Die wichtigsten Eigenschaften des Ammoniaks sind schon aus dem Früheren bekannt. Wegen seiner ätzenden Eigenschaften wird es auch Aetzammoniak oder kaustisches Ammoniak genannt. Es ist nächst dem Kali und Natron die stärkste Basis. In dem Salmiakgeist kann man sich das Ammoniak auch mit 1 Aeq. Wasser chemisch verbunden als Ammon oder Ammoniumoxyd denken, wodurch eine vollständige Analogie mit der ihr so ähnlichen Aetzkalilauge und Aetznatronlauge hergestellt würde.

Schwefelammonium oder Schwefelwasserstoffammoniak (NH_4S oder NH_3,HS).

329. *Versuch.* Man entwickle, wie 146 angegeben, Schwefelwasserstoffgas, leite es aber, statt in Wasser, in Salmiakgeist, und zwar so lange, als noch Gas aufgenommen wird; dann setze man der Flüssigkeit noch nahezu ebensoviel Salmiakgeist zu, als man erst angewendet hatte. Die farblose Flüssigkeit enthält jetzt Einfach-Schwefelammonium oder eine Verbindung von Ammoniak mit Schwefelwasserstoff und besitzt einen sehr

widerwärtigen Geruch. Sie ist eins der wichtigsten Reagentien auf Metalle, wie dies später ausführlicher gezeigt werden wird. Man muss sie in wohlverstopften, kleinen Gläsern aufbewahren, weil sie sich in Berührung mit der Luft zersetzt und gelb wird indem sich Ammoniak und Wasser ausscheiden und Zweifach-Schwefelammonium (NH_4S_2) und noch höhere Schwefelungsstufen erzeugen, aus denen sich endlich aller Schwefel abscheidet, so dass nur flüssiges Ammon übrig bleibt. Verbindungen dieser Art bilden sich auch bei der Fäulniss thierischer Stoffe.

Ammoniak, Fäulniss und Verwesung.

330. Ammoniakbildung bei der Fäulniss. Unter Fäulniss verstehen wir die ohne unser Zuthun eintretende, von Entwickelung übler Gase begleitete Zersetzung, welcher die feuchten Pflanzen- und Thierstoffe bei ungenügendem Luftzutritt unterliegen. Bei dieser Zersetzung treten immer, ganz ähnlich wie bei der trocknen Destillation (323), Stickstoff und Wasserstoff der faulenden Körper zu Ammoniak zusammen, welches sich mit der gleichzeitig erzeugten Kohlensäure und den sogenannten Humussubstanzen verbindet. Das kohlensaure Ammoniak ist flüchtig, es kann also in die Luft entweichen; die Verbindungen des Ammoniaks mit den Humussubstanzen sind nicht flüchtig, sie bleiben auf oder in der Erde zurück, wo sie sich bildeten, oder im Wasser, wenn die Fäulniss unter einer Wasserdecke vor sich ging. Die Ackererde enthält daher immer Ammoniak und die reichlich gedüngte mehr als die kärglich gedüngte. Da die thierischen Stoffe weit reicher an Stickstoff sind als die vegetabilischen, so liefern sie bei ihrer fauligen Zersetzung weit mehr Ammoniak als diese. Gefaulter Urin enthält so viel kohlensaures Ammoniak, dass man ihn statt des Seifenwassers zum Waschen von Wolle, ja selbst zur Bereitung von Salmiak anwendet. In den Pferde- und Schafställen entwickelt dasselbe sich nicht selten in solcher Menge, dass es der Stallluft einen stechenden Geruch ertheilt. Stellt man in ersteren einige Schüsseln mit Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure auf, oder besprengt man die faulende Streu, riechende Misthaufen und andere Fäulnissstätten damit, so verschwindet der Geruch, indem das flüchtige kohlensaure Ammoniak sich in geruchloses und bei gewöhnlicher Tem-

peratur nicht mehr flüchtiges Chlorammonium oder schwefelsaures Ammon umwandelt. Man hat also in den Säuren [auch im Gyps (345)] ein einfaches und billiges Mittel, um die Luft in derartigen Räumen zu reinigen und das Ammoniak faulender Stoffe festzuhalten.

Gesellt sich zu dem Ammoniak noch Schwefelwasserstoff, wie dies bei der Fäulniss der meisten thierischen Stoffe (Fleisch, Blut, menschliche Excremente u. a.) der Fall ist, so riechen die Fäulnissgase noch viel widerwärtiger, denn es erzeugt sich dann zugleich Schwefelammonium (329).

331. Verhalten des Ammoniaks bei der Verwesung. Unter Verwesung verstehen wir die ohne unser Zuthun eintretende Zersetzung der feuchten Pflanzen- und Thierstoffe bei vollständigem Luftzutritt. Bei dieser Zersetzung bilden sich, da es an Sauerstoff nicht fehlt, hauptsächlich Sauerstoffverbindungen aus den Elementen der verwesenden Körper, wie auch aus den bei der Fäulniss erzeugten Wasserstoffverbindungen, ganz so wie bei der vollständigen Verbrennung. NH_3 geht dabei in NO_3, weiter in NO_5 und $3HO$ über.

Versuch. Man giesse in ein grösseres Kochfläschchen einige Gramm Salmiakgeist, erwärme es etwas und halte dann eine glühende Spirale von Platindraht (Fig. 70) in die Luft des Gefässes: dieselbe glüht einige Zeit fort und es bilden sich weisse Nebel, die aus salpetrigsaurem Ammoniak bestehen und nach kurzer Zeit sich zu Boden senken. Man wiederhole diese Operation, nämlich das Erwärmen des Fläschchens, das Glühendmachen des Platindrahts und das Eintauchen desselben in die Gefässluft, noch einigemal und setze dann zu dem Salmiakgeist so viel verdünnte Schwefelsäure, bis die Flüssigkeit sauer reagirt. Die Schwefelsäure setzt die salpetrige Säure in Freiheit, und diese lässt sich einmal durch den Geruch, sicherer noch durch in die Flüssigkeit getauchtes Jodstärkepapier (160) erkennen, welches von der freien salpetrigen Säure eben so dunkelblau gefärbt wird, wie durch ozonhaltige Luft.

Da man neuerdings gefunden hat, dass sich salpetrigsaures Ammoniak auch beim Verdunsten von Wasser wie bei verschiedenen Verbrennungsprocessen erzeugt, und dass die atmosphärische Luft immer kleine Mengen dieses Salzes enthält, so ist an-

zunehmen, dass unter gewissen Umständen auch in der Luft und dem Erdboden Ammoniak zu salpetriger Säure oxydirt werde, ähnlich wie dies hier durch den glühenden Platindraht geschehen. Es ist selbst wahrscheinlich, dass die Salpetersäure sich meist aus Ammoniak durch weitere Oxydation erzeuge: $NH_3 + 8O = NO_5 + 3HO$.

Ammoniak und Pflanzenwachsthum.

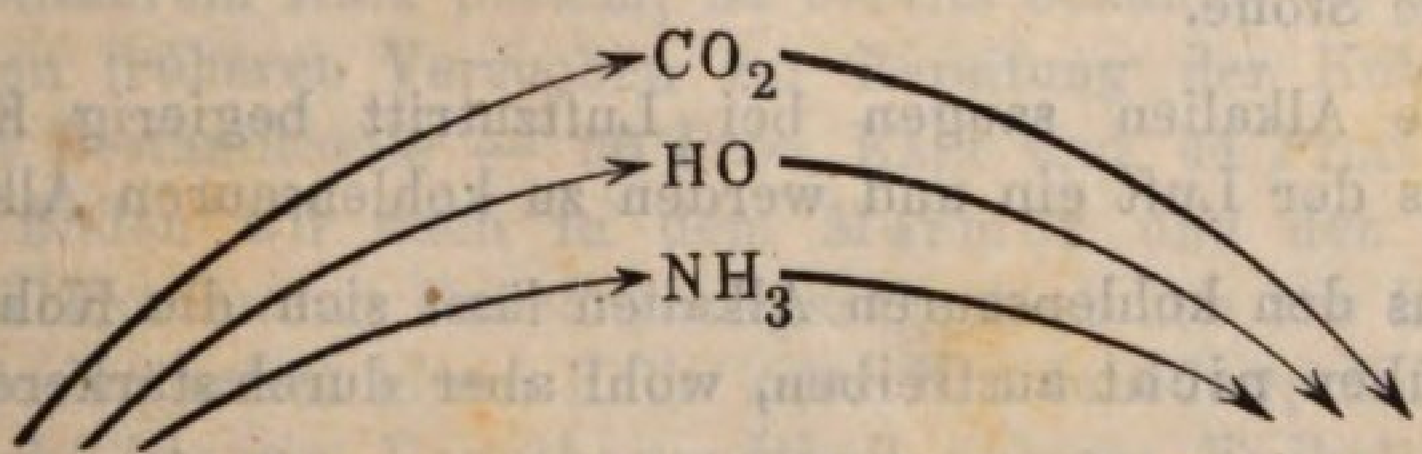
332. Ammoniak als Düngemittel. Alle Pflanzen bedürfen einer Stickstoffverbindung zum Aufbau ihrer stickstoffhaltigen Organe und Bestandtheile; der freie Stickstoff, welchen die atmosphärische Luft enthält, ist zu diesem Zwecke nicht verwendbar, er wird von den Pflanzen nicht assimilirt. Wohl aber lehrt die landwirthschaftliche Erfahrung, dass die Wasserstoff- und die Sauerstoffverbindung des Stickstoffs, das Ammoniak und die Salpetersäure, wie deren Salze, in hohem Grade die Kraft besitzen, die Pflanzen zu einem schnellern und kräftigern Wachsthum anzutreiben. Der Landwirth rechnet daher die ammoniakreiche, gefaulte Jauche, den ammoniakreichen Peruguano, das schwefelsaure Ammoniak, den Chilisalpeter und den salpeterreichen, alten Compost zu den treibenden Düngemitteln.

Aehnlich wirken auch die stickstoffreichen thierischen Stoffe, als: Blut, Fleisch u. a., nur tritt bei ihnen die Wirkung langsamer ein, weil sie im Erdboden erst dem Process der Fäulniss oder Ammoniakbildung unterliegen müssen, ehe sie von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können. Wenn die Knochen verfaulen, so bildet sich aus ihrem stickstoffreichen Knorpel oder Leim gleichfalls kohlensaures Ammoniak, und darin liegt die andere wohlthätige Wirkung (225), welche das Kochenmehl auf das Wachsthum unserer Culturpflanzen ausübt. Wie die Verflüchtigung desselben zu verhindern, ist in 330 angegeben.

Die wildwachsenden Pflanzen sind bezüglich ihres Stickstoffbedarfs auf das kohlensaure und salpetrigsaure Ammoniak der Luft und auf den natürlichen Ammoniak- und Stickstoffgehalt der humosen Bodenbestandtheile angewiesen. Die Culturpflanzen schöpfen gleicherweise aus denselben Quellen, aber sie erhalten noch einen Zuschuss durch den dem Boden einverleibten Dünger.

Kreislauf des Ammoniaks. Aus dem Vorhergehenden erhellt, dass auch bei dem Ammoniak ein ähnlicher Kreislauf wie bei der Kohlensäure und dem Wasser (203), den zwei anderen Hauptnahrungsmitteln für die Pflanzenwelt, stattfindet, und wir müssen staunen, auf welche einfache Weise die schöpferische Allmacht Tod und Leben mit einander verknüpft hat. Bei der Fäulniss und Verwesung werden die todten Thiere und Pflanzen in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak oder Salpetersäure verwandelt, und aus diesen Zersetzungsproducten entstehen wieder, unter Beihülfe gewisser Mineralstoffe, alle die zahllosen Pflanzen, die unsere Erdoberfläche bedecken.

Fig. 130.



Systematische Zusammenstellung der Ammonium- resp. Ammoniakverbindungen.

Ammonium	NH_4		
Ammoniumoxyd . . .	NH_4O	NH_3, HO	Ammoniakhydrat.
oder Ammon.		NH_3	Ammoniak.
		NH_2	Amid.
Schwefelammonium .	NH_4S	NH_3, HS	Schwefelwasserstoff-Ammoniak.
Chlorammonium . . .	NH_4Cl	NH_3, HCl	Salzsaur. Ammoniak
Schwefelsaures Ammon	NH_4O, SO_3	NH_3, SO_3, HO . .	Schwefels. „
Salpetersaures „	NH_4O, NO_5	NH_3, NO_5, HO .	Salpeters. „
Salpetrigsaures „	NH_4O, NO_3	NH_3, NO_3, HO .	Salpetrigs. „
Kohlensaures „	$2NH_4O, 3CO_2$	$2NH_3, 2HO, 3CO_2$	Kohlens. „

Rückblick auf die Alkalimetalle.

(Kalium, Natrium, Ammonium etc.)

1) Die Alkalimetalle haben unter allen Elementen die grösste Affinität zum Sauerstoff; sie zersetzen das Wasser mit Heftigkeit.

2) Die Oxyde derselben sind die kräftigsten Basen. Kaliumoxyd wird gewöhnlich Kali oder Aetzkali, Natriumoxyd Natron oder Aetznatron genannt. Hierher ist auch das zusammengesetzte Ammmoniumoxyd oder Ammon (Ammoniak + Wasser) zu rechnen.

3) Man nennt diese drei Oxyde gewöhnlich Alkalien, auch ätzende Alkalien. Sonst hiess das Kali vegetabilisches Laugensalz, das Natron mineralisches Laugensalz, das Ammoniak flüchtiges Laugensalz.

4) Die Alkalien sind leicht löslich in Wasser, schmecken scharf laugenhaft oder basisch und wirken stark ätzend auf organische Stoffe.

5) Die Alkalien saugen bei Luftzutritt begierig Kohlensäure aus der Luft ein und werden zu kohlensauren Alkalien.

6) Aus den kohlensauren Alkalien lässt sich die Kohlensäure durch Glühen nicht austreiben, wohl aber durch stärkere Säuren.

7) Die kohlensauren Alkalien sind leicht löslich in Wasser, schmecken gleichfalls laugenhaft und reagiren basisch.

8) Kali und Natron geben mit Sand geschmolzen Glas; mit Fetten eine Seife, die sich im Wasser auflöst.

9) Die meisten Salze, welche die Alkalien mit Säuren bilden, sind im Wasser löslich. Von den Kalisalzen sind die meisten luftbeständig, einige zerfliesslich; von den Natronsalzen enthalten die meisten Krystallwasser und verwittern in trockner Luft.

10) Kali- und Natronsalze sind in der Hitze nicht flüchtig, wohl aber die Ammonsalze.

11) Eine schwächere Basis kann oft einer stärkeren die Säure wegnehmen, wenn sie mit dieser Säure eine unlösliche Verbindung bildet.

Zweite Gruppe: Erdalkalimetalle.

— 1808 von Davy entdeckt. —

Calcium (Ca).

(Aeq.-Gew. = 20 [Kalkerdemetall]. — Specif. Gew. = 1,55.)

Kohlensaurer Kalk (CaO, CO_2).

333. Dass die Kreide aus Calciumoxyd und Kohlensäure, aus kohlensaurem Kalk besteht, ist bereits bekannt, sie diente ja in mehren früheren Versuchen zur Bereitung der Kohlensäure. Dieselben Bestandtheile — 56 Proc. Kalk und 44 Proc. Kohlensäure — finden wir auch in dem Marmor und den gewöhnlichen Kalksteinen. Ganze Gebirgszüge bestehen aus Kalkstein; ganze Länder haben einen Kalk- oder Kreideboden; der kohlensaure Kalk ist ein Hauptbestandtheil unseres Erdballes. Wir treffen ihn auch durchsichtig und in Rhomboëdern (Fig. 126) oder sechsseitigen Säulen krystallisirt an und nennen ihn dann Kalkspath; dagegen erhält er den Namen Arragonit, wenn er in der Form einer geraden rhombischen Säule krystallisirt ist (der kohlensaure Kalk ist dimorph). Kalkreiche Erdarten führen den Namen Mergel (Thonmergel, Sandmergel etc.). Endlich bestehen auch viele thierische Gebilde aus kohlensaurem Kalk, so namentlich die Muschel- und Eierschalen, die Korallen, Perlen u. a. Die grosse Verschiedenheit, welche diese Kalkfossilien im Aeusseren zeigen, kann nicht befremden; sehen wir doch bei unserem gewöhnlichen Zucker eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Form; im Kandis haben wir ihn krystallisirt, im Hutzucker körnig-krystallinisch, in den Bonbons glasartig-amorph, im gestossenen Zucker pulverig-amorph.

Lithographie. Alle Kalksteine brausen, wenn man eine Säure auftröpfelt, und lassen sich dadurch leicht von anderen Steinen unterscheiden. Bestreicht man einen Kalkstein an einzelnen Stellen mit Fett oder Firnissfarbe und giesst dann eine Säure, am besten verdünnte Salpetersäure, darauf, so löst sich der Kalk nur da auf,

wo er frei geblieben ist, nicht aber an den fettigen Stellen, diese bleiben demnach erhaben. Wird ein so geätzter Stein mit Buchdruckerschwärze überwalzt, so haftet diese nur an den erhabenen Orten fest und lässt sich von da auf Papier abdrucken. So verfährt man bei der Steindruckerei. Die hierzu passenden Kalksteine heissen lithographische Steine.

334. Hartes Wasser. *Versuch.* Man blase durch eine Glasröhre in Kalkwasser: es entsteht ein Niederschlag von kohlensaurem Kalk; man blase längere Zeit fort: der Niederschlag wird sich zum grössten Theile wieder auflösen. Die Kohlensäure des Athems schlägt erst den Kalk nieder, dann löst sie ihn wieder auf. Der kohlensaure Kalk ist ganz unlöslich im Wasser, er ist aber löslich in kohlensäurehaltigem Wasser, indem er in zweifach- oder doppelt-kohlensauren Kalk übergeht. Man versetze einen Theil dieses Wassers mit einigen Tropfen Seifenwasser oder Seifenspiritus: es entsteht eine Trübung und später setzen sich weisse Flocken ab, die zwischen den Fingern gerieben klebrig werden; die trübe Flüssigkeit giebt beim Schütteln keinen Schaum und reinigt nicht beim Waschen, während kalkfreies Wasser mit Seife stark schäumt und gut reinigt. Die ausgeschiedene klebrige Masse ist unlösliche Kalkseife, die sich aus der löslichen Natronseife erzeugt hat. Man nennt die kalkhaltigen Wässer harte; am härtesten sind die gypshaltigen; sie eignen sich auch nicht zum Weichkochen von Hülsenfrüchten.

Tropfstein. Kalksinter. *Versuch.* Von dem harten, kalkhaltigen Wasser des vorigen Versuchs lasse man einen Theil an der Luft stehen: dasselbe trübt sich und der kohlensaure Kalk setzt sich langsam ab, indem die eingeblasene Kohlensäure langsam verdunstet. Einen andern Theil des harten Wassers koche man in einem Probirgläschen: man sieht die Kohlensäure in Blasen entweichen und der kohlensaure Kalk wird schnell ausgeschieden. Was hier im Kleinen geschieht, erfolgt in der Natur sehr allgemein im Grossen. In jeder Erde, wo organische Stoffe verwesen, findet das durchsickernde Wasser Kohlensäure; daher enthält fast alles Quellwasser Kohlensäure; in den meisten Erd- und Steinarten findet das gebildete kohlensaure Wasser kohlensauren Kalk, von dem es etwas auflöst, daher enthält fast alles Quellwasser kohlensauren Kalk und erscheint hart.

Fliesst dieses Wasser in Bächen weiter oder verweilt es längere Zeit in Sammelteichen, so entweicht die Kohlensäure wieder und der kohlensaure Kalk setzt sich als Schlamm ab; man nennt das kalkfreie Wasser nun weiches Wasser (Flusswasser, Teichwasser etc.); es schäumt stark mit Seife.

Dasselbe geschieht, wenn kalkhaltiges Wasser beim Durchsickern durch Erdschichten oder Felsenspalten hohle Räume antrifft; in diesen scheidet der kohlensaure Kalk sich oft steinartig aus und heisst dann Tropfstein oder Kalksinter, auch Kalktuff. In Kellern und unter Brücken findet man nicht selten die Wände mit einer Kruste von Tropfstein überzogen. Der aus dem Carlsbader Wasser sich absetzende Sprudelstein ist der Hauptsache nach gleichfalls kohlensaurer Kalk. Kocht man hartes Wasser, so muss der kohlensaure Kalk auch niederfallen; dies geschieht besonders da in auffälliger Weise, wo grosse Wassermengen verdampfen, z. B. in Dampfkesseln (Kesselschlamm oder Kesselstein). Die meisten Kesselsteine bestehen aus schwefelsaurem Kalk und rühren von gypshaltigem Wasser her.

Calciumoxyd, Aetzkalk oder gebrannter Kalk (CaO).

(Aeq.-Gew. = 28; als Hydrat = 37.)

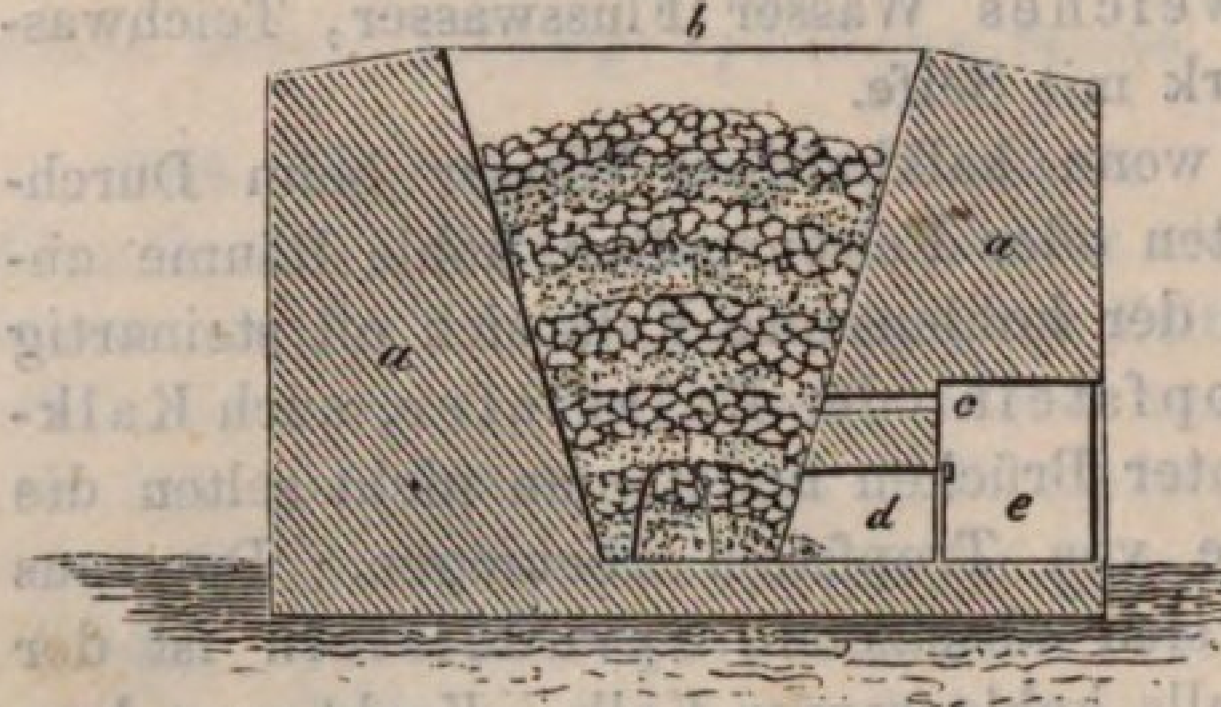
335. Kalkbrennen. *Versuch.* Man lege ein Stückchen Kreide auf Kohle und erhitze es durch die Löthrohrflamme so stark, dass es mehre Minuten lang lebhaft glüht: es wird jetzt viel leichter geworden sein als vorher, nicht mehr abfärben und nicht mehr mit Säuren brausen; es hat durch das Glühen die Kohlensäure verloren und heisst nun gebrannter Kalk oder kurzweg Kalk. Wird etwas davon auf angefeuchtetes rothes Lackmuspapier gelegt, so hinterlässt es blaue Flecke; es reagirt also basisch, was die Kreide nicht thut.

Kalkbrennen im Grossen. Das Brennen des Kalksteins im Grossen geschieht bekanntlich in besonderen Oefen, von denen diejenigen die vortheilhaftesten sind, welche in ununterbrochenem Gange erhalten werden.

Ein für Steinkohlen eingerichteter einfacher Ofen solcher Art ist der nachstehende, Fig. 131 (a. f. S.). Der von den Mauern *a* umschlossene, nach unten enger werdende Schacht *b* wird mit abwechselnden Schichten von Steinkohle und Kalkstein, die man

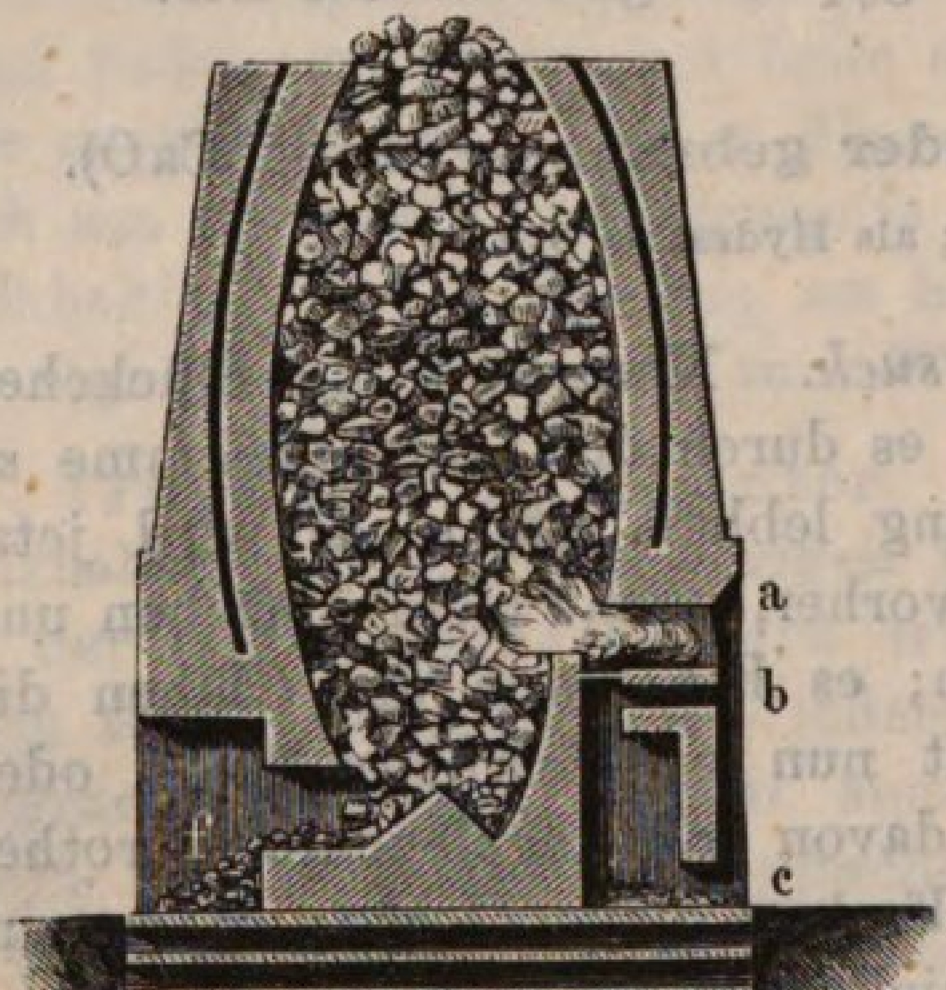
oben aufschüttet, immer voll erhalten. Unten hat der Ofen drei Seitenöffnungen, von denen hier nur eine, *c, d*, sichtbar ist, durch welche man den glühenden Kalk, so weit er gut gebrannt ist, von Zeit zu Zeit herauszieht. Die Asche der Steinkohlen kommt hier unter den gebrannten Kalk und dieser wird sonach um so unreiner werden, je mehr die Steinkohle erdige Beimengungen enthielt.

Fig. 131.



Bei der folgenden Construction, Fig. 132, vermeidet man diesen Uebelstand und ist zugleich im Stande, Brennmaterialien von geringer Qualität und geringer Festigkeit, z. B. Torf, Braunkohle, Gruss von Steinkohle etc., zu benutzen. *a* ist die Heizöffnung mit dem Roste, auf dem das Brennmaterial für sich, nicht in dem Ofenschachte sondern neben demselben, verbrannt wird; *b* die Oeffnung für den Luftzug, *c* und *d* der Aschenfall. Wie bei dem Flammenofen schlägt auch hier nur die Flamme in den Schacht des Ofens hinein, der mit Kalksteinen angefüllt wird; der Kalk kann also nicht durch die Asche des Brennmaterials verunreinigt werden. Gewöhnlich hat ein Ofen mehre solcher Feuerungen. Bei *f* zieht man den gargebrannten Kalk heraus, während oben immer wieder frischer kohlensaurer Kalk zugeschüttet wird. Solche Oefen können jahrelang, so lange die Umfassungsmauern überhaupt halten, ohne Unterbrechung im Gange erhalten werden.

Fig. 132.



336. Aetzkalk. *Versuch.* Man wickle ein Stück gebrannten Kalk in ein Papier oder Leinwandläppchen ein und lege es einige Wochen bei Seite: Papier und Leinwand werden nach einiger Zeit so mürbe geworden sein, dass man sie mit Leichtigkeit zerzupfen kann; der Kalk hat sie, wie man zu sagen pflegt, zerfressen. Gebrannter Kalk wirkt also, ähnlich dem Aetzkali und Aetznatron, ätzend auf organische Stoffe, und deswegen wird er auch häufig Aetzkalk genannt. Reibt man Kalkbrei zwischen den Fingern, so kann man seine ätzende Wirkung auf die Haut leicht durchs Gefühl bemerken. In den Gerbereien legt man die Häute in Kalkmilch, um sie so weit aufzulockern, dass sich die Haare abreiben lassen. In der Landwirthschaft ist es zweckmässig, das Unkraut, z. B. Quecken etc., mit Kalk gemengt, auf Haufen zu schichten, weil durch den Kalk eine viel schnellere Verwesung der Pflanzentheile zu Dünger bewirkt wird. Ganz falsch dagegen ist es, den schon verwesten oder gefaulten Dünger mit Kalk zu vermengen, denn in diesem sind Ammoniaksalze enthalten, deren Ammoniak durch den Kalk ausgetrieben wird; er muss also an Wirksamkeit verlieren.

Die angegebenen Wirkungen des gebrannten Kalkes sind dem starken basischen Naturell desselben zuzuschreiben; Calciumoxyd ist eine so kräftige Basis, dass sie nur von den Alkalien an Wirkungsstärke übertroffen wird. Man benutzt dasselbe häufig in der Chemie, um schwächere Basen aus ihren Salzen abzuscheiden. Es stellt das Radical der Calciumsalze dar, welche durch ihr Verhalten zur Oxalsäure (261) und dadurch erkannt werden, dass sie die Weingeistflamme gelbroth färben und eine orangegelbe und eine grüne Spectrallinie geben.

337. Kalkhydrat (CaO, HO). Der gebrannte Kalk hat, dem Kali gleich, zwei starke Leidenschaften, nämlich zum Wasser und zur Kohlensäure. Lässt man ihn an der Luft liegen, so zieht er erst Wasser an und zerfällt dabei zu Pulver (er löscht sich selbst); später saugt er auch Kohlensäure ein und braust dann wieder mit Säuren. Von dem schnellen Löschen des Kalkes durch Besprengen mit Wasser und der dabei stattfindenden Erhitzung ist schon früher (33) die Rede gewesen. 3 Pfund Kalk binden 1 Pfd. Wasser und geben ein staubiges Pulver von Kalkhydrat oder gelöschtem Kalk. Mit Wasser angerührt wird

daraus Kalkbrei, mit mehr Wasser Kalkmilch, mit der 800fachen Wassermenge eine wirkliche, klare Auflösung, Kalkwasser, dessen Eigenschaften schon in 47 angegeben wurden. Kochendes Wasser löst nur halb so viel auf als kaltes, also ein ähnlicher Fall wie beim Glaubersalze. Wegen der grossen Affinität des gebrannten Kalkes zum Wasser kann man ihn anwenden, um feuchte Locale auszutrocknen und um aus gewöhnlichem Weingeist wasserfreien oder absoluten zu machen.

Kalk und Kohlensäure. Beispiele davon, dass der gebrannte Kalk sich begierig mit der Kohlensäure verbindet, sind schon genug dagewesen, z. B. bei den Verbrennungsversuchen und der Bereitung von Aetzkali und Aetznatron. Man hat in ihm daher ein gutes Mittel, um Luft, die viel Kohlensäure enthält, zu reinigen, z. B. die Luft in alten Kellern, Brunnen und Bergwerken, oder in Kellern, in denen sich gährende Flüssigkeiten, wie Weinmost, Bierwürze oder Branntweinmeische etc., befinden. Auch dem rohen Leuchtgase entzieht man gewöhnlich durch Kalkmilch seine Kohlensäure, sowie zugleich das beigemengte Schwefelwasserstoffgas. Wir benutzen die Kalkmilch ferner allgemein zum Ausweissen unserer Stuben; der Ueberzug wird an den Wänden schnell weiss und besteht nach dem Trocknen nicht mehr aus Kalkhydrat, sondern aus Kreide.

Kalk als Mörtel.

338. Luftmörtel. Einzelne Holzstücken werden mit Leim zusammengeklebt, einzelne Steine mit Kalkbrei, zu dem man zuvor Sand gemischt hat (Mörtel). Dies ist die wichtigste Benutzung des Kalks. Ein Gemenge von Kalkbrei und Sand wird an der Luft nach und nach hart und steinartig, daher sein Name: Luftmörtel. Das Hartwerden ist dreierlei Ursachen zuzuschreiben: 1) das Wasser verdunstet und das Kalkhydrat bleibt als eine zusammenhängende Masse zurück; 2) der Kalk zieht Kohlensäure aus der Luft an und es bildet sich ein Gemisch von Kalkhydrat und kohlensaurem Kalk (basisch-kohlensaurer Kalk), welches eine grössere Festigkeit besitzt als beide Körper allein; 3) an der Oberfläche des Sandes entsteht nach und nach eine chemische Verbindung der Kieselsäure mit dem Kalk (Kalksilicat), beide verwachsen gleichsam mit einander. Hierdurch insbeson-

dere erklärt sich die ausserordentliche Festigkeit des Mörtels an alten Bauwerken. Wenn unsere Gebäude Jahrhunderte alt sind, so wird der Mörtel daran gewiss auch dieselbe Festigkeit haben, vorausgesetzt, dass man ihn mit gutem Quarzsande, nicht aber, wie es so oft geschieht, mit lehmigem oder glimmrigem Sande bereitete. Der Sand vermindert ausserdem noch das Schwinden oder Zusammenziehen des Mörtels; Kalkbrei ohne Sand trocknet zu einer rissigen Masse ein, nicht aber, wenn er mit Sand versetzt worden. Alter Mörtel besteht also aus Kalkhydrat, kohlensaurem Kalk, etwas kieselsaurem Kalk und Kieselerde (Sand).

Wassermörtel. Brennt man einen Kalkstein, in dem Thon enthalten ist (mageren Kalkstein), oder ein inniges Gemenge von Kreide mit $1/5$ Thon bei gelinder Glühhitze, so erhält man gebrannten Kalk, welcher mit Wasser und Sand einen Mörtel giebt, der wie Gyps schnell erstarrt und unter Wasser nach und nach steinhart wird; er heisst Wassermörtel oder hydraulischer Kalk (römischer Cement, Portland Cement etc.) und ist ein vortreffliches Bindemittel für die Steine bei Brücken- und anderen Wasserbauten. Thon ist kieselsaure Thonerde; beide Bestandtheile dieser Verbindung erfahren beim Brennen eine Aufschliessung durch den Kalk, indem sie mit diesem Kalksilicat und Kalkaluminat bilden, welche die Fähigkeit besitzen, unter Bindung von Wasser steinähnlich zu erhärten. Ein anderes Verfahren, hydraulischen Kalk darzustellen, besteht darin, dass man dem gewöhnlichen Kalkbrei solche Thonsilicate, welche aufgeschlossene Kieselerde enthalten und mit Salzsäure gelatiniren, beimischt. Obenan unter diesen stehen die vulcanischen Aschen, zumal die Puzzolane vom Vesuv und der Trass aus dem Brohlthale am Rhein; auch manche Steinkohlenaschen und Schlacken leisten gleiche Dienste. Die Wirkung dieser sogenannten Cemente erklärt sich auf dieselbe Weise wie oben angegeben.

Kalk als Düngemittel.

339. Verbrennt man Pflanzen, so erhält man immer, sie mögen gewachsen sein, wo sie wollen, eine Asche, welche grössere oder geringere Mengen von Kalk enthält. So hat man beispielsweise in 1000 Pfd. völlig trockner Pflanzenmasse an Kalk gefunden: in Nadelholz 2 Pfd., Laubholz 4 Pfd., Reisig 6 Pfd.,

in Baumblättern im Frühjahr 6 bis 8 Pfd., im Herbst 20 bis 25 Pfd; ferner in Getreidekörnern $^1/_2$ bis 1 Pfd., in Getreidestroh 3 bis 4 Pfd., in Erbsenkörnern 2 Pfd., Erbsenstroh 22 Pfd.; in Rapskörnern 6 Pfd., in Rapsstroh 12 Pfd., in Kartoffeln 1 Pfd., Runkelrüben 3 Pfd., Heu 9 Pfd., Grummet 12 Pfd., Kleeheu 20 bis 24 Pfd., in Tabacksblättern 70 bis 80 Pfd. u. a. m. Die Blattgebilde stellen sonach die kalkreichsten, die Samen, Wurzeln und Knollen die kalkärmsten Pflanzentheile dar.

Fehlt es einem Erdboden an hinlänglichem Kalk, so können diese Pflanzen nicht kräftig wachsen, wohl aber können sie dies, wie die tägliche landwirthschaftliche Erfahrung lehrt, wenn man diesem Mangel durch Zufuhr von Kalk oder Mergel abhilft. Nächstdem übt der Kalk aber auch noch mannigfache wohlthätige Wirkungen auf den Boden und gewisse Bodenbestandtheile aus, als z. B.: er verbessert einseitige Bodenmischungen, in denen er die zu bündigen Thonböden lockert, die zu lockeren Sandböden bündiger macht; er verbessert die sogenannten sauren, moorigen und torfigen Bodenarten, indem er deren Säuren neutralisirt und die löslichen und schädlichen Eisenoxydul- und Thonerdeverbindungen derselben unlöslich macht; er treibt die schwer zersetzbaren organischen oder humosen Stoffe zu einem schnelleren Zerfallen in pflanzennährende Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure durch die Fäulniss und Verwesung an (336); er beschleunigt in ähnlicher Weise die Verwitterung und Aufschliessung mancher unlöslichen unorganischen Bodenbestandtheile, die mineralische Pflanzennährstoffe in sich schliessen u. a. m.

Calcium (Ca).

340. Der Aetzkalk ist ein Metalloxyd, er besteht aus einem eigenthümlichen Metall, Calcium, und Sauerstoff, und wird daher mit CaO bezeichnet. In dieser Verbindung wird der Sauerstoff so fest gehalten, dass es höchst schwierig ist, ihn daraus abzuscheiden und das Metall zu isoliren. Man hielt den Kalk aus diesem Grunde früher für ein Element und bezeichnete ihn seiner schweren Löslichkeit wegen als eine „Erde“, bis Davy die Zerlegbarkeit der Erden und Alkalien, wie die metallischen Radicale darin, mit Hülfe seiner Volta'schen Riesensäule nachwies. Man kann die Metalle der Erden jetzt zwar etwas leichter

aus ihren schmelzenden Chlorverbindungen, entweder vermittelst des elektrischen Stromes oder mit Hülfe von Natrium, darstellen, immerhin ist ihre Darstellung noch so schwer und kostspielig, dass nur Magnesium und Aluminium im Wege des Handels zu erlangen sind, nicht aber Calcium, Barium etc.

Das Calcium ist ein gelbliches, stark glänzendes und sehr dehnbares Metall, welches das Wasser unter starker Erhitzung und Wasserstoffentwickelung zersetzt und sich dabei in Kalkhydrat umwandelt. In der Glühhitze schmilzt es und verbrennt dann unter starker Lichtentwickelung zu Calciumoxyd, ähnlich wie das Magnesium (355).

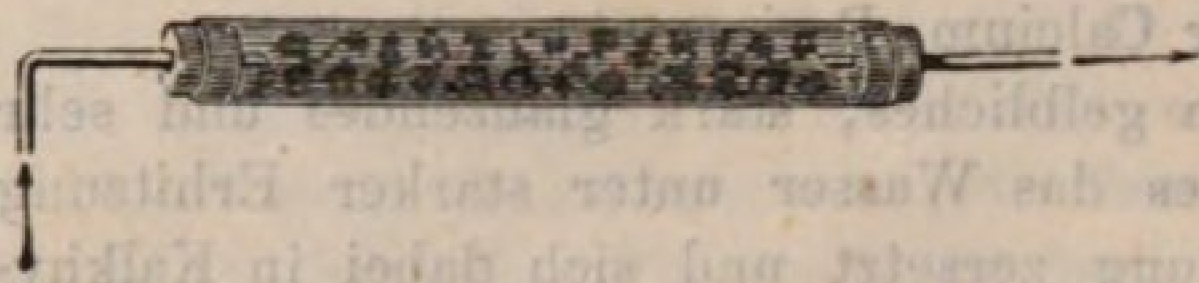
Chlorcalcium (CaCl).

341. Krystallisirtes ($CaCl + 6\,HO$). *Versuch.* Man werfe in Salzsäure, die man mit der Hälfte Wasser verdünnt hat, so lange Kreidestückchen, als diese sich unter Brausen auflösen; die filtrirte Lösung enthält $CaCl + HO$ oder CaO, HCl und wird eingedampft, bis sie dicklich wie Syrup ist. Man erhält aus derselben beim Erkalten grosse, spiessige Krystalle von Chlorcalcium, die durch Aufdrücken von Fliesspapier schnell getrocknet und gut verstopft aufbewahrt werden müssen, weil sie ausserdem sehr bald zerfliessen. Man kann dieses Salz zur Winterszeit benutzen, um Quecksilber zum Gefrieren zu bringen. Zu dem Ende stellt man es nebst einem Mörser eine Nacht an einen kalten Ort, zerreibt es dann in dem Mörser und mengt es darin mit Schnee; Quecksilber, in einem Glasröhrchen in die Mischung gestellt, wird fest werden, ein Weingeistthermometer darin bis unter — 40^0 C. sinken. Schnee und Chlorcalcium zerfliessen, aus zwei festen Körpern entsteht also ein flüssiger, und bei diesem Uebergange muss nothwendiger Weise sehr viel freie Wärme latent werden.

Geschmolzenes Chlorcalcium ($CaCl$). Die Krystalle von Chlorcalcium enthalten 49 Proc. ihres Gewichts Krystallwasser; erhitzt man sie, so geht das Wasser fort und man erhält geschmolzenes wasserfreies Chlorcalcium, eins der hygroskopischsten Salze, das man sehr gut anwenden kann, um aus gewöhnlichem Weingeist absoluten zu machen und um Gasarten

zu trocknen. Zu letzterem Behufe füllt man es, in Stücken zerschlagen, in eine etwas weite Glasröhre und verbindet diese mittelst zweier Korke mit zwei engen Glasröhren, durch welche die Luftart ein- und ausströmt; das Chlorcalcium entzieht der letzteren während des Durchstreichens allen Wasserdampf. Als Nebenproduct gewinnt man das Chlorcalcium bei der Bereitung von Salmiakgeist (328). Dass es einen (aber unwirksamen) Bestandtheil des bekannten Chlorkalks ausmacht, ist bei diesem angegeben.

Fig. 133.



Fluorcalcium (CaFl).

342. Diese Verbindung kommt unter dem Namen Flussspath, oft in schönen, theils farblosen, theils blauen, gelben oder andersfarbigen Würfeln krystallisirt, als ein verbreitetes Mineral in der Natur vor. Die künstlich erzeugte stellt ein weisses unlösliches Pulver dar. Der Flussspath schmilzt in der Hitze ziemlich leicht und wird deshalb zuweilen als Flussmittel beim Verschmelzen der Erze benutzt. Auch sein Name erklärt sich hieraus. Mit Schwefelsäurehydrat verwandelt er sich in Gyps und Flusssäure (249).

Schwefelsaurer Kalk oder Gyps ($CaO, SO_3 + 2HO$).

343. Vorkommen. Der aus früheren Versuchen (196. 224) bereits bekannte Gyps gehört zu den sehr häufig vorkommenden Gesteinen, er bildet als derber Gypsstein in manchen Gegenden, z. B. bei Jena, ganze Bergzüge. Ist er in Tafeln krystallisirt und durchsichtig, so nennt man ihn Marienglas oder Fraueneis; ist er körnig-krystallinisch und schneeweiss, so heisst er Alabaster. Man findet ihn auch in vielen Quellwässern, im Meerwasser u. a. In allen diesen Fällen enthält der Gyps 2 Aeq. oder reichlich $1/_5$ seines Gewichts Krystallwasser. Zuweilen, namentlich als Begleiter des Kochsalzes in den Steinsalzlagern, tritt er auch wasserfrei auf und heisst dann Anhydrid.

Der Gyps braucht ungefähr 400 Thle. kaltes und noch mehr

heisses Wasser zur Lösung, ist also sehr schwer löslich. Man versetze Gypslösung

a. mit Seifenwasser: die starke Trübung von Kalkseife lehrt, dass gypshaltiges Wasser als sehr hartes Wasser anzusehen ist (334);

b. mit Oxalsäurelösung: die starke Trübung von oxalsaurem Kalk zeigt die Gegenwart von Kalk an (261);

c. mit Chlorbariumlösung: die starke Trübung von schwefelsaurem Baryt verräth die Gegenwart der Schwefelsäure im Gyps (209).

344. Gebrannter Gyps. *Versuch.* Man erhitze 25 Grm. zerkrümeltes Marienglas in einem eisernen Schälchen vorsichtig, so dass die Temperatur nicht über 160° C. steigt, unter Umrühren so lange, bis es undurchsichtig, milchweiss und leicht zerdrückbar geworden und sich entweichende Dämpfe nicht mehr wahrnehmen lassen. Der Gyps giebt schon bei 130° C., unter Verlust seiner Form, Festigkeit und Durchsichtigkeit, den grössten Theil seines Krystallwassers, welches 20,8 Proc. beträgt, ab, und man erhält reichlich 20 Grm. von gebranntem Gyps, der sich leicht zu feinem Pulver zerreiben lässt. Im Grossen nimmt man das Brennen in besonderen Oefen, das Pulverisiren in besonderen Mühlen vor.

Gypsabdrücke. *Versuch.* Man wickle um den Rand eines Thalerstückes einen Papierstreifen, dessen Ende zuletzt durch Siegellack festgeklebt wird, so dass man ein Kästchen erhält, dessen Boden von dem Thaler gebildet wird. Nun schütte man zwei gestrichene Esslöffel voll gebrannten Gyps und einen Löffel Wasser in ein Gefäss, rühre schnell um und giesse den Brei in das Kästchen: er wird nach wenigen Minuten so hart sein, dass man Papier und Münze wegnehmen kann. Die untere Seite des Gypses enthält

Fig. 134.



einen vertieften Abdruck des Gepräges der Münze. Bepinselt man den Gypsabdruck, nachdem er vollständig ausgetrocknet ist, mit starkem Seifenwasser, das man mit einigen Tropfen Oel versetzt und tüchtig durchschüttelt hat, so kann man sich durch abermaliges Aufgiessen von Gypsbrei eine erhabene Copie darstellen. Auf ähnliche Weise werden die bekannten Gypsfiguren in hohlen Formen dargestellt. In der Baukunst benutzt man den Gyps zur Herstellung von erhabenen Verzierungen an Wänden und Decken (Stuccaturarbeiten), von marmorähnlichen Tafeln, von Mörtel u. a. m. Das schnelle Festwerden findet darin seine Erklärung, dass der wasserfreie gebrannte Gyps sich wieder mit so viel Wasser chemisch verbindet, als er beim Brennen verloren hat. War er bis über 160° C. erhitzt worden, so erstarrt er nicht; er hat dann die Verwandtschaft zum Wasser verloren.

345. Gyps als Düngemittel. Dass auch der Gyps, wie der gebrannte Kalk, ein sehr kräftiges Düngemittel für viele Pflanzen, besonders für Hülsenfrüchte ist, wissen die Landwirthe recht wohl, die ihre Erbsen-, Wicken- und Kleefelder häufig damit bestreuen. Hierbei nehmen die Pflanzen nicht nur den Kalk, sondern auch den Schwefel der Schwefelsäure in sich auf. Nächstdem kann der Gyps auch aufschliessend auf die gebundenen Kaliverbindungen des Bodens, wie noch dadurch wohlthätig auf das Pflanzenwachsthum wirken, dass er das in der Luft und dem Regenwasser enthaltene kohlensaure Ammoniak einsaugt und im Boden fixirt, indem sich diese beiden Salze in schwefelsaures Ammoniak und kohlensauren Kalk umsetzen. Eine gleiche Wirkung übt er auch auf den faulenden Stalldünger aus, er verhindert die Verdunstung des erzeugten kohlensauren Ammoniaks durch seine Schwefelsäure und wird daher auch zur Einstreu in die Ställe und Düngerhaufen benutzt.

346. Schwefelcalcium (CaS). Glüht man Gyps mit Kohle, so wird derselbe zu Schwefelcalcium reducirt, indem die Kohle dem Kalk und der Schwefelsäure den Sauerstoff entzieht und damit Kohlenoxydgas bildet, welches entweicht. Aus CaO, SO_3 und $4C$ werden CaS und $4CO$. Das Schwefelcalcium verhält sich wie die Schwefelleber, es entwickelt mit verdünnten Säuren Schwefelwasserstoffgas (280). Dasselbe ist auch in den Kalkrückständen von der Sodabereitung (304), in dem Gaskalk der Leuchtgasfa-

briken, wie in der frischen Asche der meisten Braunkohlen- und Torfsorten enthalten, und verursacht deren beizende Wirkung auf die Pflanzen, die man damit überstreut. Bei längerem Liegen an feuchter Luft zieht es stetig Sauerstoff an und geht zuerst in unterschwefligsauren, dann in schwefligsauren, schliesslich in schwefelsauren Kalk oder Gyps über.

Phosphorsaurer Kalk.

347. Die gewöhnliche (dreibasische) Phosphorsäure bildet mit dem Kalk drei verschiedene Salze, ganz analog den in 310 angegebenen drei Natronsalzen dieser Säure. Man pflegt sie 1) basischen, 2) neutralen, 3) sauren phosphorsauren Kalk zu nennen. Hier kann nur der erste und letzte näher betrachtet werden.

Gewöhnlicher oder basisch-phosphorsaurer Kalk, $3\,CaO, PO_5$, macht, wie schon bekannt, den Hauptbestandtheil der Knochen aus. Dieselbe Verbindung ist es auch, welche in Verbindung mit Fluorcalcium den krystallisirten Apatit und den derben Phosphorit, verkieselt die Koprolithen oder Düngesteine, erdig den Osteolith, endlich die Hauptmasse der verschiedenen, unter der Firma phosphorreicher Guano in den Handel gebrachten, als Excrementenasche von Seevögeln anzusehenden Ablagerungen der Baker-, Sombrero-, Navassa und anderer tropischen Inselchen darstellt. Alle diese Fossilien (Kalkphosphate) werden jetzt ihres Phosphorsäure-Reichthums wegen in grösserem Umfange zur Düngung unserer Felder und Wiesen benutzt, die in der Regel arm an der allen Pflanzen zum Wachsthum nöthigen Phosphorsäure sind. Auch hier finden ähnliche Verschiedenheiten statt wie bei dem Kali (296). So enthalten beispielsweise 1000 Pfd. völlig trockner Pflanzenmasse an Phosphorsäure: Nadelholz 0,15 Pfd., Laubholz 0,35 Pfd., Reisigholz 2 Pfd., Getreidestroh 2 bis 3 Pfd., Erbsenstroh 4 Pfd., Kartoffeln 6 Pfd., Runkelrüben 7 Pfd., Wiesenheu 4 bis 5 Pfd., Kleeheu 6 Pfd., Getreidekörner 8 bis 9 Pfd., Hülsenfrüchte 10 bis 12 Pfd., Leinsamen 14 Pfd., Rapssamen 16 bis 17 Pfd. u. a. m. Die reichlichste Menge von Phosphorsäure ist also in den Samen der Pflanzen enthalten.

Saurer phosphorsaurer Kalk, $\left.\begin{matrix}CaO\\HO\\HO\end{matrix}\right\}PO_5$, entsteht aus der vorigen Verbindung, wenn man dieser so viel Schwefelsäure zusetzt, dass ihr 2 Aeq. CaO entzogen und in Gyps umgewandelt werden. Die Phosphorsäure nimmt dafür 2 Aeq. basisches Wasser auf und stellt nun eine in Wasser leicht **lösliche** Verbindung dar, welche als Düngemittel weit rascher wirkt als der unlösliche basisch-phosphorsaure Kalk, der nur langsam durch die Kohlensäure des Bodens löslich gemacht wird. Das auf diese Weise aufgeschlossene und mit dem erzeugten Gyps gemengte Kalkphosphat kommt jetzt unter dem Namen **Kalksuperphosphat** als ein vielbegehrtes Düngemittel im Handel vor. Es enthält bis 20 Proc. lösliche Phosphorsäure. Das reine Kalkphosphat enthält 46 Proc. unlösliche Phosphorsäure.

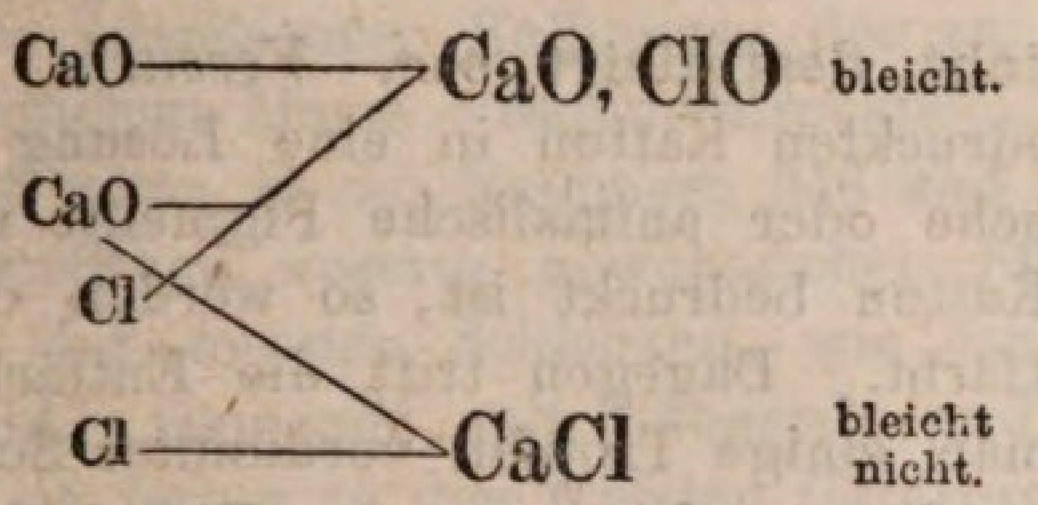
Salpetersaurer Kalk (CaO, NO_5).

348. Dieses zerfliessliche Salz bildet sich immer, wenn stickstoffhaltige Substanzen und Kalk längere Zeit zusammen in Berührung bleiben, z. B. bei der Salpeterbildung (285). Sehr oft erzeugt sich dieses Salz in dem Kalkputze der Mauern an Orten, wo urinöse Flüssigkeiten oder ammoniakalische Dämpfe zugegen sind, z. B. in Viehställen. Der Kalk verliert dadurch seinen Zusammenhang und bröckelt ab, insbesondere dann, wenn der Regen den leicht löslichen salpetersauren Kalk auswäscht. Man pflegt im gewöhnlichen Leben diesen Vorgang **Mauerfrass** zu nennen.

Unterchlorigsaurer Kalk oder Chlorkalk ($CaO, ClO + CaCl$).

349. Bereitung. *Versuch.* 20 Grm. gelöschter **Kalk** werden mit $^1/_4$ Liter Wasser angerührt und in die entstandene Kalkmilch unter öfterem Umrühren so viel **Chlor** geleitet, als sich aus 60 Grm. Salzsäure und 20 Grm. Braunstein entwickelt. Die durch Stehen abgeklärte Flüssigkeit ist als eine Auflösung von **Chlorkalk** anzusehen und gegen Luft und Licht geschützt aufzubewahren. Dem Anscheine nach vereinigt das Chlor sich ohne Weite-

res mit dem Kalk; dies ist jedoch nicht möglich, weil Chlor ein einfacher und Kalk ein zusammengesetzter Körper ist und diese sich nicht chemisch mit einander vereinigen können. Der wirkliche Vorgang ist folgender: Die Hälfte Kalk lässt ihren Sauerstoff los und wird zu Calcium, welches, als ein einfacher Körper, sich mit Chlor verbindet; der aus dem Kalk freigewordene Sauerstoff verbindet sich mit dem übrigen Chlor zu unterchloriger Säure (ClO), welche, als ein zusammengesetzter Körper, sich nun mit der anderen Hälfte Kalk vereinigen kann. Es bildet sich also ein Haloidsalz, Chlorcalcium, und ein Sauerstoffsalz, *unterchlorigsaurer Kalk*. Der letztere ist das Wirksame, das Bleichende, in dem Chlorkalk; das Chlorcalcium ist nur als ein gleichgültiger Ballast anzusehen. Der Name Chlorkalk ist hiernach ein unrichtiger; er ist aber, wie so manche andere, im gewöhnlichen Leben bereits so eingebürgert, dass er durch einen andern nicht mehr verdrängt werden kann. Man vergesse dabei nur nicht, dass *Chlorkalk* ganz etwas anderes bedeutet als *Chlorcalcium*.



Durch Einleiten von Chlor in Sodalösung erhält man in ähnlicher Weise *unterchlorigsaures Natron*, durch Einleiten in Pottaschelösung *unterchlorigsaures Kali*. Die erstere dieser Flüssigkeiten wird unter dem Namen „Eau de Labarraque", die letztere als „Eau de Javelle" zu gleichen Zwecken wie die Lösung des unterchlorigsauren Kalks verwendet.

Bereitung im Grossen. Der Chlorkalk wird als *Bleichkalk* zum Schnellbleichen von leinenen und baumwollenen Stoffen in ausserordentlichen Mengen verbraucht und in chemischen Fabriken in ausserordentlichen Mengen bereitet. Die *Bereitung im Grossen* kommt mit der oben angegebenen überein, nur nimmt man statt der Kalkmilch gelöschten Kalk, den man in Kammern auf Horden ausbreitet; dieser verschluckt das darüber geleitete Chlor ebenso wie die Kalkmilch. Man erhält den Chlorkalk dann als ein krümliches Pulver, das an der Luft feucht wird

und chlorähnlich riecht, da schon die Kohlensäure der Luft unterchlorige Säure daraus frei macht. Man muss ihn daher in wohlverschlossenen Gefässen aufbewahren. Mit Wasser übergossen erhält man daraus dieselbe Flüssigkeit, die oben dargestellt wurde.

350. Chlorkalk bleicht, desinficirt etc. *Versuch.* Man lege ein Stückchen buntbedruckten Kattun in eine Lösung von Chlorkalk: sind vegetabilische oder animalische Pigmente unter den Farben, womit der Kattun bedruckt ist, so werden diese, aber sehr langsam, entfärbt. Dagegen tritt die Entfärbung sehr schnell ein, wenn man einige Tropfen verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure hinzufügt, und zwar unter Entwickelung eines starken Geruchs nach Chlor. Die Säuren treiben die schwache unterchlorige Säure aus, und diese zerfällt in Sauerstoff und Chlor, welche beide die Kraft zu bleichen besitzen (170). In den Bleichereien und Druckereien führt man diese Operation gewöhnlich in der Art aus, dass man die zu bleichenden Stoffe erst in eine sehr verdünnte Chlorkalklösung (Chlorbad), nachher aber in Wasser, dem ein sehr kleines Quantum Schwefelsäure zugesetzt ist (Sauerbad), einlegt. Lässt man das Zeug längere Zeit in der Chlorkalklösung liegen, so wird auch die Pflanzenfaser durch das Chlor zersetzt (zerfressen) und verliert ihre Festigkeit.

In gleicher Weise wirkt der Chlorkalk auf die übelriechenden Stoffe, welche bei der Fäulniss organischer Stoffe gebildet werden, wie auf die Ansteckungsstoffe, welche bei gewissen Krankheiten sich erzeugen; man benutzt ihn daher als ein sehr kräftiges Desinfectionsmittel (171). Um Räume zu desinficiren, stellt man Schalen mit Chlorkalk in dieselben; soll dies schnell geschehen, so giesst man nach und nach etwas verdünnte Schwefelsäure auf den letzteren.

Endlich wirkt der Chlorkalk auch als Oxydationsmittel. Wiederholt man den Versuch 173, jedoch mit der Abänderung, dass man statt des Chlorwassers Chlorkalklösung anwendet, so wird das Eisenoxydul des Eisenvitriols ebenfalls in Oxyd umgewandelt. Auf dieses Verhalten gründet sich eine einfache Chlorkalkprobe, durch welche man die Güte uud Stärke des Chlorkalks feststellen kann. Erhitzt man den Chlorkalk, trocken oder als concentrirte Lösung, so entwickelt er Sauerstoffgas.

Kieselsaurer Kalk (Kalksilicate).

351. *Versuch.* Man versetze eine Lösung von Wasserglas mit Kalkwasser oder Chlorcalciumlösung: es scheidet sich unlöslicher kieselsaurer Kalk aus, der zu einer unlöslichen, harten, krümlichen Masse zusammentrocknet. Wir sind dieser Verbindung schon in den Nummern 316 und 338 begegnet, da sie einen Bestandtheil unseres gewöhnlichen Flaschen- und Fensterglases und der meisten Schlacken, wie des hydraulischen Kalks ausmacht. Gemengt mit Thonerde und anderen Silicaten treffen wir sie ferner in den meisten Gebirgsarten an, da sie einen Bestandtheil des Glimmers, Granats, wie vieler Feldspatharten und anderer Mineralien bildet.

Systematische Zusammenstellung der Calciumverbindungen.

Calcium.	Schwefelsaurer Kalk, schwerlösl.
Schwefelcalcium.	Basisch phosphors. Kalk, unlöslich.
Chlorcalcium, leichtlöslich.	Saurer „ „ leichtlösl.
Fluorcalcium, unlöslich.	Salpetersaurer Kalk, leichtlöslich.
Calciumoxyd, schwerlöslich.	Unterchlorigs. „ leichtlöslich.
Kohlensaurer Kalk, unlöslich.	Kieselsaurer „ unlöslich.
Doppelt-kohlens. Kalk, löslich.	Oxalsaurer „ unlöslich.

Barium und Strontium (Ba und Sr).

(Schwererdemetall. — Strontianerdemetall.)

(Aeq.-Gew. = 68,5. — Aeq.-Gew. = 43,8.)

— Baryterde 1774 von Scheele, Strontianerde 1790 entdeckt. —

352. Barium und Strontium. Diese beiden Metalle haben eine so grosse Aehnlichkeit in ihren Eigenschaften und Verbindungen mit dem Calcium, dass man sie als ein Paar Geschwister von demselben ansehen möchte. Sie sind sehr schwer darzustellen, indem man einen elektrischen Strom durch schmelzendes Chlorbarium oder Chlorstrontium gehen lässt.

Oxyde. Mit Sauerstoff bilden beide Metalle erdige, alkalisch reagirende Oxyde: Bariumoxyd (BaO), gewöhnlich Baryt, Aetzbaryt oder Baryterde genannt, und Strontiumoxyd (SrO), gewöhnlich Strontian oder Strontianerde genannt. Diese erhitzen sich, wie der gebrannte Kalk, wenn sie mit Wasser benetzt werden, und gehen dabei in Hydrate über. Das Barythydrat ist in 20 Thln. Wasser löslich, und die Lösung, Barytwasser, wird in der Chemie zur Erkennung der Kohlensäure, zur Abscheidung der Schwefelsäure oder der Magnesia und anderer Basen benutzt. Das Bariumsuperoxyd (BaO_2) giebt die Hälfte seines Sauerstoffs leicht ab und dient zur Darstellung des Wasserstoffsuperoxydes (94).

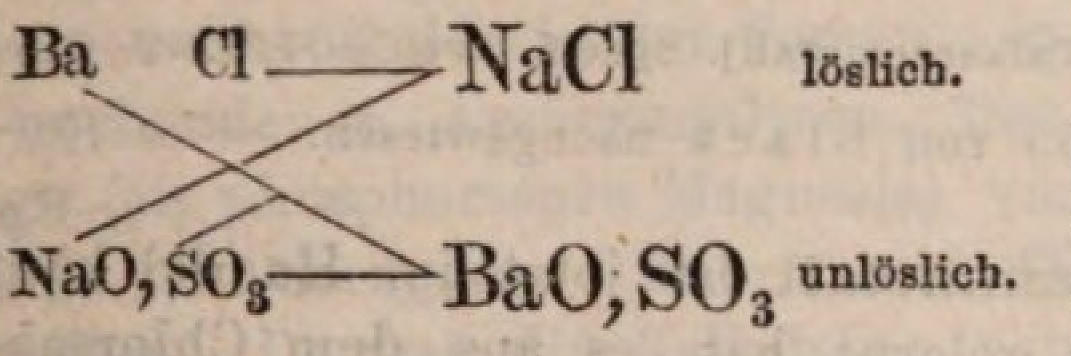
Beide Oxyde kommen in der Natur nur spärlich vor und zwar meistens mit Schwefelsäure, seltener mit Kohlensäure verbunden. Um sie oder ihre Salze aus dem schwefelsauren Baryt und schwefelsauren Strontian darzustellen, muss man denselben Umweg einschlagen, der bei der Sodabereitung befolgt wurde; man reducirt die schwefelsauren Salze durch Glühen mit Kohle erst zu Schwefelbarium und Schwefelstrontium und entfernt dann den Schwefel oder zersetzt sie durch Säuren.

Bariumsalze.

353. Chlorbarium (BaCl), sonst salzsaure Baryterde genannt, ist das bekannteste lösliche Barytsalz. Es krystallisirt in durchsichtigen Täfelchen und wird als Arzneimittel angewendet. Der Chemiker benutzt es als das schärfste Erkennungsmittel für Schwefelsäure und schwefelsaure Salze (209). Zu demselben Gebrauche werden unter Umständen auch andere lösliche Barytsalze, salpetersaurer und essigsaurer Baryt etc. verwendet. Der salpetersaure Baryt (BaO, NO_5) dient auch zur Bereitung des reinen Baryts, da er in der Glühhitze seine Salpetersäure abgiebt; in der Feuerwerkerei benutzt man ihn und den chlorsauren Baryt zur Erzeugung von Grünfeuer.

Schwefelsaurer Baryt (BaO, SO_3). *Versuch.* Man löse etwas Glaubersalz in Wasser und setze so lange eine Lösung von Chlorbarium hinzu, als noch ein Niederschlag entsteht: es bildet sich durch doppelte Wahlverwandtschaft Chlornatrium und

schwefelsaurer Baryt; der letztere ist in Wasser, ebenso auch in Säuren, ganz unlöslich und fällt deshalb als ein schweres, weisses Pulver zu Boden. Der unter dem Namen **Schwerspath** bekannte, schwere Stein, den man, in schönen Tafeln oder Säulen krystallisirt, häufig beim Bergbau antrifft, ist natürlicher schwefelsaurer Baryt. Man wendet dieses Mineral, zu Pulver gemahlen, als weisse Farbe (Schieferweiss) und zum Versetzen des Bleiweisses an. Der **kohlensaure Baryt** entlässt in heftiger Glühhitze seine Kohlensäure.



Die auflöslichen Bariumsalze geben mit Ammoniak keinen, mit kohlensaurem Ammoniak und phosphorsaurem Natron einen weissen Niederschlag; der Weingeist- oder Gasflamme ertheilen sie eine **grüne** Färbung; ihr Spectrum zeigt mehrere grüne Linien.

Strontiumsalze.

354. Diese kommen mit den Barytsalzen in den meisten Stücken nahe überein, doch werden sie durch Schwefelsäure nicht so vollständig gefällt, da der **schwefelsaure Strontian**, der natürlich als **Cölestin** vorkommt, nicht so unlöslich ist als der schwefelsaure Baryt. Einen charakteristischen Unterschied zeigen sie in der Flamme brennender Körper, die sie schön **purpurroth** färben; ebenso geben sie, neben einer orangegelben und einer blauen, zwei rothe Spectrallinien. **Salpetersaurer Strontian** verpufft auf glühender Kohle mit rother Farbe, er wird deshalb den Feuerwerkssätzen zugesetzt, welche mit rother Farbe verbrennen sollen. Eine solche Masse zum Rothfeuer erhält man aus 20 Thln. getrocknetem salpetersauren Strontian, $6\frac{1}{2}$ Thln. Schwefelblumen, 5 Thln. chlorsaurem Kali und 2 Thln. Schwefelantimon (oder statt des letztern 1 Thl. Kohle). Das chlorsaure Kali muss für sich feucht feingerieben werden (289). **Chlorstrontium** oder salzsaure Strontianerde dient zum Rothfärben der Weingeistflamme, da dieses Salz in Weingeist löslich ist.

Magnesium (Mg).

(Aeq.-Gew. = 12 [Talkerdemetall]. Specif. Gew. = 1,74.)

— Talkerde 1755 von Black nachgewiesen. —

355. Das Magnesiummetall ist jetzt im Handel käuflich zu erlangen, seitdem man gelernt hat, es aus dem Chlormagnesium durch Natrium abzuscheiden, welches dem erstern in der Schmelzhitze das Chlor zu entziehen vermag. Es ist sehr leicht, silberweiss, geschmeidig, in Luft und Wasser wenig veränderlich, und in der Hitze etwa so flüchtig wie Zink. Von Salzsäure, ja selbst von Ammoniumsalzen, wird es unter Wasserstoffentwickelung leicht aufgelöst.

Versuch. Man halte Magnesiumdraht in die Flamme einer Spirituslampe: so wie er glühend geworden, bricht aus ihm eine äusserst blendende weisse Flamme hervor und das Metall verwandelt sich unter Aufnahme von Sauerstoff in weisses, leichtes Magnesiumoxyd. Man benützt dieses Licht bereits zur Beleuchtung dunkler Räume behufs photographischer Aufnahmen.

Magnesiumoxyd (Mg O).

(Magnesia, Talkerde oder Bittererde.)

356. Grössere Mengen von Magnesiumoxyd oder Magnesia lassen sich leicht darstellen, wenn man die bekannte, leichte, weisse Magnesia der Apotheken längere Zeit erhitzt; diese ist kohlensaure Magnesia und verliert hierbei, ganz ähnlich wie der Kalkstein beim Kalkbrennen, nur leichter, ihre Kohlensäure, wie zugleich das Wasser, mit dem sie chemisch verbunden ist, und es bleibt ein lockeres, in stärkster Hitze unschmelzbares Pulver zurück, das man gewöhnlich gebrannte Magnesia nennt. Es ist im Wasser beinahe ganz unlöslich, reagirt aber doch auf rothes Lackmuspapier alkalisch und wird häufig als Arzneimittel benutzt. Mit Wasser bildet die Magnesia ein im nassen Zustande gallertartiges Hydrat (Mg O, H O).

Die Magnesia ist sehr verbreitet in der Natur; mit Kieselsäure und Kohlensäure verbunden finden wir sie in vielen Mineralien und Felsarten (Talkgesteine), mit Schwefelsäure und Salz-

säure (Chlor) verbunden in den Steinsalzlagern, Salzsoolen, Bitterwässern, im Seewasser u. a. m. Wie der ihr nahe verwandte **Kalk** ist sie auch zum Pflanzenwachsthum nöthig, insbesondere zur Ausbildung der Samen, in denen sie, nach Ausweis der vorhandenen Aschenanalysen, fast immer in reichlicherer **Menge** (als phosphorsaure Magnesia) vorkommt als der Kalk, während in den Stengeln, Blättern und Wurzeln der letztere stark überwiegt. Da fast alle Kalksteine von grösseren oder geringeren Mengen von Magnesia begleitet sind, so kommt mit der Kalkung der Felder immer auch Magnesia in die Ackererde.

Chlormagnesium (Mg Cl).

357. *Versuch.* Man übergiesse etwas weisse Magnesia mit verdünnter Salzsäure: die Kohlensäure entweicht, in der Flüssigkeit aber ist Chlormagnesium aufgelöst, das man in gelöstem Zustande auch als salzsaure Magnesia ansehen kann. Dieses Salz findet sich immer da, wo Kochsalz vorkommt, insbesondere macht es einen Hauptbestandtheil der über dem Steinsalze liegenden Bitter- oder Abraumsalze aus (281). Beim Abdampfen der Salzsoolen bleibt es in der Mutterlauge zurück, weil es sehr leicht löslich und hygroskopisch ist; man kann die letztere daher zur Gewinnung von anderen Magnesiasalzen benutzen. Auch im Meerwasser ist Chlormagnesium enthalten und ertheilt diesem den allen löslichen Magnesiasalzen zukommenden bitteren Geschmack, welcher Anlass zu dem älteren Namen „Bittererde“ statt Magnesia gegeben hat.

Erkennung der Magnesiumsalze. *Versuch.* Man setze zu einem Glase Wasser nur einige Tropfen von der Flüssigkeit des vorigen Versuchs oder ein wenig Bittersalz, und füge dann aufgelöstes phosphorsaures Natron hinzu: es bildet sich ein Niederschlag von phosphorsaurer Magnesia, der fast unlöslich in Wasser ist. Man wiederhole den Versuch und setze ausser dem phosphorsauren Natron noch etwas Ammoniak hinzu: es entsteht eine Trübung und später setzt sich ein krystallinischer, durch Salmiakzusatz nicht verschwindender Niederschlag ab, der in ammoniakalischem Wasser ganz unlöslich ist (phosphorsaure Ammon-Magnesia). Auf die letztere Weise lässt sich die

Magnesia am genauesten erkennen. In concentrirteren Lösungen bewirkt schon Ammoniak allein einen Niederschlag.

Schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz
($MgO, SO_3 + 7HO$).

358. *Versuch.* Ein Bruchstück von Serpentinstein wird in Papier eingewickelt, mit einem Hammer zerklopft und in einem eisernen Mörser vollends feingerieben. 20 Grm. dieses Pulvers mische man dann mit so viel englischer Schwefelsäure zusammen, dass ein dicker Brei entsteht, den man einige Tage an einem warmen Orte stehen lässt. Hierauf rührt man vorsichtig 60 Grm. Wasser darunter, lässt das Gemenge noch einige Tage stehen und giesst endlich die warme, klare Flüssigkeit ab. Sie ist grünlich von mitaufgelöstem Eisenoxydul und wird kochend tropfenweise mit Salpetersäure versetzt, bis die Flüssigkeit eine gelbe Farbe angenommen hat; dadurch wird das Eisenoxydul zu Oxyd. Bis zur Salzhaut abgedampft, setzen sich Krystalle daraus ab, die man noch einmal in kochendem Wasser löst und umkrystallisirt. In der Mutterlauge bleibt schwefelsaures Eisenoxyd, welches nur schwer zum Krystallisiren zu bringen ist. Die Krystalle sind schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz mit 51 Proc. Krystallwasser. In dem Serpentinsteine ist diese Basis mit Kieselsäure verbunden; die stärkere Schwefelsäure verdrängt die letztere und verbindet sich mit der Basis zu einem auflöslichen Salze, während die Kieselerde ungelöst zurückbleibt.

Wir finden kieselsaure Magnesia auch noch in anderen Steinen, z. B. in dem Meerschaum, Speckstein, Talk, Federweiss; kieselsaure Kalkmagnesia in den Augiten, Hornblenden und vielen Glimmerarten u. s. w. Alle diese Steine fühlen sich schlüpfrig oder fettig an und heissen Talksteine. Hiervon hat die Magnesia noch den dritten Namen, Talkerde, erhalten.

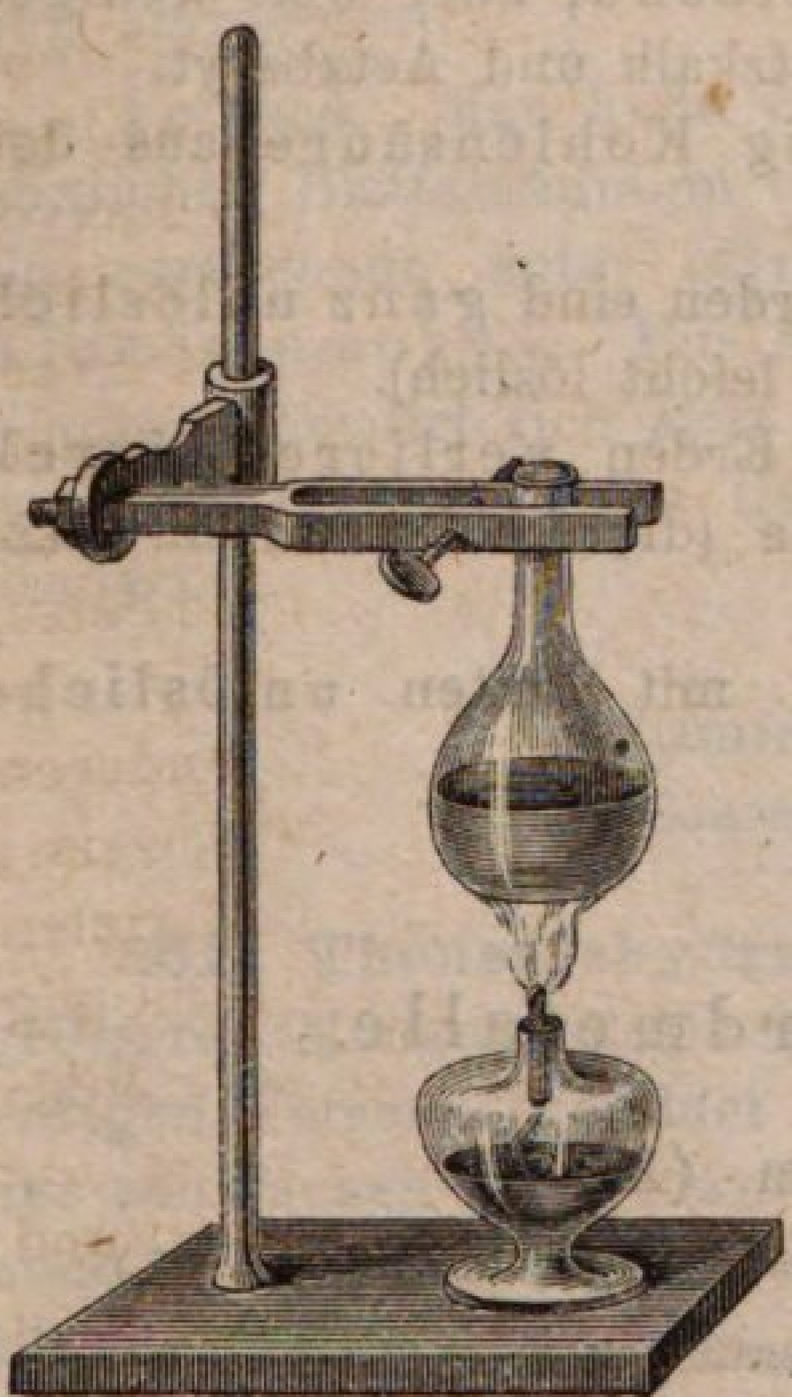
Das Bittersalz ist eins der bekanntesten Abführmittel und wird in der Heilkunde vielfach angewendet. Gewöhnlich erhalten wir es im Handel nicht in ganzen Krystallen, sondern in der Form von kleinen Salznadeln. Diese entstehen dadurch, dass man die Auflösung davon stärker als bis zur Krystallhaut eindampft und während des Erkaltens umrührt; es tritt also eine gestörte Krystallisation ein. Man gewinnt dasselbe jetzt in reichlicher

Menge als ein Nebenproduct in den Mineralwasserfabriken, da diese die Kohlensäure nicht mehr aus kohlensaurem Kalk, sondern aus kohlensaurer Magnesia (Magnesit) und Schwefelsäure entwickeln. Noch reichlichere Mengen liefern die Abraumsalze der Steinsalzlager, theils rein (Kieserit), theils mit Kalisalzen u. a. gemengt (Polyhalit, Kainit). Die aus diesen dargestellte, schön krystallisirende schwefelsaure Kalimagnesia wird als Kalidünger benutzt. In manchen Gegenden kommen auch Quellwässer vor, welche gelöste schwefelsaure Magnesia enthalten und als Mineralwässer Anwendung finden (Saidschützer Bitterwasser u. a.).

Weisse oder kohlensaure Magnesia.

359. *Versuch.* 20 Grm. Bittersalz werden in der achtfachen Menge kalten Wassers gelöst und die Auflösung so lange mit einer Sodalösung unter Umrühren versetzt, als ein Niederschlag entsteht. Der Niederschlag ist kohlensaure Magnesia, in der Auflösung aber befindet sich schwefelsaures Natron; das Bittersalz und die Soda haben also ihre Bestandtheile gegenseitig ausgetauscht. Die milchähnliche Flüssigkeit wird nun bis zum Kochen erhitzt, wobei etwas Kohlensäure entweicht, und dann auf ein Filtrum gegossen, der Niederschlag ausgewaschen und getrocknet; er bildet die bekannte, überaus lockere und leichte weisse Magnesia der Apotheken, eine Verbindung von kohlensaurer Magnesia mit wechselnden Mengen von Magnesiahydrat. Neutrale kohlensaure Magnesia (MgO, CO_2) kommt als Mineral unter dem Namen Magnesit vor. Mit kohlensaurem Kalk bildet diese Doppelverbindungen, die als Braunspath vereinzelt, als Dolomite und dolomitische Kalksteine in ganzen Bergzügen auftreten. Gegen

Fig. 135.



Wasser und kohlensaures Wasser verhält sich die kohlensaure Magnesia wie der kohlensaure Kalk (334).

Rückblick auf die Erdalkalimetalle.

(Calcium, Barium, Strontium und Magnesium.)

1) Die Erdalkalimetalle haben, wie die Alkalimetalle, sehr grosse Affinität zum Sauerstoff; ihre Darstellung ist höchst schwierig.

2) Die Oxyde derselben heissen alkalische Erden; Erden, weil sie schwer löslich sind; alkalische, weil sie basisch reagiren. (Die Alkalien sind leicht löslich.)

3) Die alkalischen Erden sind nach den Alkalien die stärksten Basen.

4) Die alkalischen Erden wirken ätzend, aber weit weniger als die Alkalien; daher die Namen Aetzkalk und Aetzbaryt.

5) Sie ziehen gleichfalls begierig Kohlensäure aus der Luft an.

6) Die kohlensauren alkalischen Erden sind ganz unlöslich im Wasser (die kohlensauren Alkalien leicht löslich).

7) Die kohlensauren alkalischen Erden verlieren durch starkes Glühen ihre Kohlensäure (die kohlensauren Alkalien nicht).

8) Die alkalischen Erden geben mit Fetten unlösliche Seifen (die Alkalien lösliche).

Dritte Gruppe: Erdmetalle.

Aluminium (Al).

(Aeq.-Gew. = 13,7 [Alaun- oder Thonerdemetall]. Specif. Gew. = 2,6.)

— 1827 von Wöhler entdeckt. —

360. Das Aluminiummetall gehört zu den verbreitetsten Elementen in der Natur, denn es macht, mit Sauerstoff verbunden, die Grundlage der Thongesteine, des Thons und Lehms aus. Auch der seit den ältesten Zeiten bekannte Alaun (Alumen)

ist eine Aluminiumverbindung; von ihm ist der Name entlehnt worden, den man diesem Elemente gegeben, wie der Name „Alaunerde“ für das Oxyd desselben (Al_2O_3), das man früher für ein Element hielt. Man erhält das Aluminium metallisch, wenn man Chloraluminium oder Kryolith, ein aus Fluoraluminium und Fluornatrium bestehendes grönländisches Mineral, mit Natrium zusammen schmilzt; es kommt in Barren, wie als Blech-, Draht- und Blattaluminium, im Handel vor. Dasselbe ist zinnweiss, sehr fest und dehnbar und oxydirt sich selbst bei längerm Liegen an der Luft oder im Wasser kaum merklich. Kalte Salpetersäure und verdünnte Schwefelsäure greifen das Metall kaum an, dagegen wird es von Salzsäure unter Entwickelung von Wasserstoff leicht aufgelöst; in der Lösung ist dann Chloraluminium (Al_2Cl_3). Ebenso löst es sich unter Wasserzersetzung in Kalilauge, es bildet sich Aluminiumoxydkali, weil Aluminiumoxyd die Fähigkeit besitzt, auch mit Basen Verbindungen einzugehen.

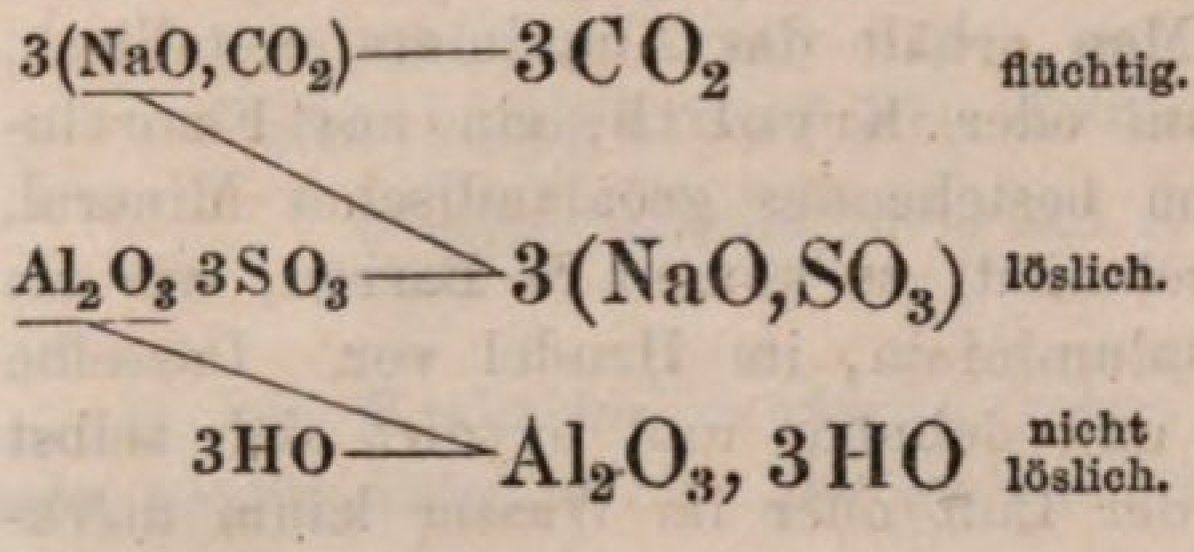
Versuch. Man halte von dem dem sogenannten Silberschaum ähnlichen Blattaluminium einige Blättchen in eine Spiritusflamme: sie verbrennen unter glänzender Feuererscheinung zu weissem Aluminiumoxyd. Ein Aluminiumdraht schmilzt zwar in der Flamme, oxydirt sich aber nur unmerklich, weil die oberflächlich erzeugte Oxydhaut das tiefere Eindringen des Sauerstoffs verhindert.

Aluminiumoxyd (Al_2O_3).

(Alaunerde oder Thonerde.)

361. Thonerdehydrat. *Versuch.* Zur Bereitung einer grösseren Menge von Aluminiumoxyd oder Thonerde, als bei dem vorigen Versuche gebildet wurde, löse man 20 Grm. Alaun in der zehnfachen Menge warmen Wassers auf und setze nach und nach so viel von einer Lösung von kohlensaurem Natron zu, bis die Flüssigkeit basisch reagirt: es entsteht ein lebhaftes Aufbrausen und ein gallertartiger Niederschlag, der nach vielem Auswaschen mit Wasser in der Wärme zu einem weissen Pulver austrocknet. Dieses Pulver ist eine Verbindung von Thonerde mit Wasser, Thonerdehydrat ($Al_2O_3, 3HO$). In dem Alaun ist als Hauptbestandtheil schwefelsaure Thonerde ($Al_2O_3, 3SO_3$) enthalten

(andere Bestandtheile siehe 364), welcher das stärkere Natron die Säure entzieht. Das Thonerdehydrat löst sich nicht im Wasser und kann sich auch nicht, wie die bisher betrachteten Basen, mit Kohlensäure verbinden; daher entweicht das aus der Soda frei werdende kohlensaure Gas unter Brausen. Dasselbe wird durch Wasser **nicht plastisch**, dadurch unterscheidet es sich von dem Thon; es reagirt **nicht alkalisch**, dadurch unterscheidet es sich von der Kalk-, Baryt-, Strontian- und Talkerde.



362. Thonerde. Wird das Thonerdehydrat bis zum Glühen erhitzt, so entweicht das Hydratwasser und reine Thonerde bleibt als ein weisses Pulver zurück, welches sich nur noch schwierig in Säuren und Alkalien auflöst. Die Thonerde ist einer der am **schwersten schmelzbaren** Körper; wir sind nur durch die Hitze des Knallgasgebläses im Stande, kleine Quantitäten davon zum Schmelzen zu bringen. Die geschmolzene Thonerde hat das Ansehen von Glas, und eine Härte, welche unter allen Körpern nur von der des Diamants und Bors übertroffen wird (künstliche Rubine). In dieser Form finden wir die Thonerde auch in der Natur; der kostbarste rothe Edelstein, der **Rubin**, und der kostbarste blaue, der **Saphir**, bestehen aus krystallisirter Thonerde. Eine gleiche Zusammensetzung hat der **Smirgel**, der seiner Härte wegen zum Glattreiben (Schleifen oder Scheuern) von Metall und Glas angewendet wird. Auch der gelbe **Topas** gehört in das Thonerdegeschlecht, er ist eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde mit Fluoraluminium.

Zusammensetzung der Thonerde. Die Bestandtheile der Thonerde sind, wie schon bekannt, Aluminium und Sauerstoff; in ihr sind aber immer $1\frac{1}{2}$ Aeq. Sauerstoff (12 Gewthle.) mit 1 Aeq. Metall (13,7 Gewthle.) verbunden, während die bisher betrachteten basischen Oxyde, als KO, NaO, CaO etc., auf 1 Aeq. Metall nur 1 Aeq. Sauerstoff enthalten. Um Bruchtheile beim

Schreiben der Formeln zu vermeiden, verdoppelt man diese Zahlen, wodurch sich 1 : 1½ in 2 : 3, = Al_2O_3, umwandelt. Verbinden Basen von dieser Zusammensetzung sich mit Wasser oder Säuren, so nehmen sie immer 3 Aeq. davon auf, z. B. $Al_2O_3, 3HO$ oder $Al_2O_3, 3SO_3$, man kann sie daher dreisäurige Basen nennen, im Gegensatze zu den einsäurigen, als KO, NaO, CaO etc., die immer mit 1 Aeq. Wasser oder Säure zusammentreten.

Schwefelsaure Thonerde
($Al_2O_3, 3SO_3 + 18HO$).

363. *Versuch.* Ein Stück weisser Thon wird gut ausgetrocknet und dann einige Stunden stark erhitzt, was am einfachsten auf der Kochplatte eines geheizten Ofens geschieht; von diesem Thon werden 80 Grm. zu Pulver gerieben, in einem Napfe von Steinzeug mit 40 Grm. Schwefelsäure und 40 Grm. Wasser übergossen und einige Wochen an einen warmen Ort gestellt. Die breiartige Masse wird während dieser Zeit öfters mit einem Glasstabe umgerührt, zuletzt mit 120 Grm. kochendem Wasser verdünnt und durch Leinwand gegossen. Der Rückstand auf der letztern besteht hauptsächlich aus Kieselsäure; in der Flüssigkeit aber findet sich Thonerde als schwefelsaure Thonerde aufgelöst. Der Thon ist demnach ein unlösliches Salz, kieselsaure Thonerde. In dem ungeglühten Thon, mit Ausnahme einzelner Sorten, z. B. aus dem Londoner Becken etc., hält die Kieselsäure so fest an der Basis, dass die Schwefelsäure nicht im Stande ist, sie zu verdrängen; wohl aber vermag sie dies dann, wenn der Thon vorher gelind geglüht wurde. Jeder Thon (und Lehm) enthält ausser der kieselsauren Thonerde noch wechselnde Mengen von kieselsaurem Kali, Natron, Kalk etc., die durch das Brennen desselben gleichfalls auflöslich gemacht werden. Diesen alkalischen Stoffen, sowie der grössern Porosität des geglühten Thons ist es zuzuschreiben, dass ein schwerer, der Luft unzugänglicher, unfruchtbarer Thonboden durch gelindes Brennen in fruchtbares Ackerland verwandelt wird, und dass schlecht (schwach) gebrannte Ziegel ein sehr wirksames Düngematerial abgeben.

Die erhaltene Flüssigkeit wird so weit abgedampft, bis nur 70 bis 80 Grm. davon übrig sind, und dann an einen kühlen Ort gestellt: es werden sich weisse, seidenartig glänzende Krystalle

daraus ablagern, die an der Luft sehr leicht zerfliessen; sie sind *schwefelsaure Thonerde*. Man giesst die übrig gebliebene Lauge, die immer noch etwas freie Schwefelsäure enthält, ab und löst die Krystalle wieder in wenig Wasser auf. In Fabriken dampft man die Auflösung oft bis zur Trockne ab und gewinnt dadurch eine feste Salzmasse, die unter dem Namen *kalifreier Alaun* Anwendung in den Färbereien und Druckereien findet.

Auch aus Kryolith, der schon durch Kochen mit Kalkhydrat eine Zersetzung erfährt, lässt sich dieses Salz bereiten.

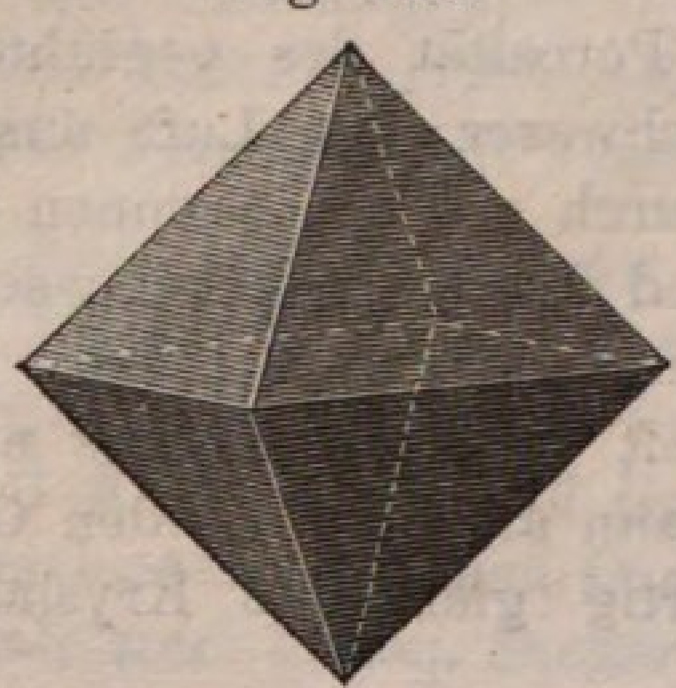
Schwefelsaure Kali-Thonerde oder Alaun
($KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24HO$).

364. Bereitung. Zu 80 Grm. kochenden Wassers bringt man so lange *schwefelsaures Kali*, als dieses aufgelöst wird, und schüttet die erhaltene Lösung dann unter die bei dem vorigen Versuche erhaltene Lösung von *schwefelsaurer Thonerde*. Man rührt die Mischung um, bis sie erkaltet ist, und giesst das Flüssiggebliebene von dem weissen Bodensatze ab. Der Bodensatz ist *Alaun* in Pulverform, *Alaunmehl*. Durch Auflösen in kochendem Wasser und ruhiges Erkalten gewinnt man daraus den krystallisirten Alaun in schönen, durchsichtigen, vierseitigen Doppelpyramiden (Octaëdern).

Zur *Darstellung* des *Alauns* im *Grossen* verwendet man häufig auch Steinarten, welche Thonerde und zugleich Schwefel (Schwefelkies) enthalten, z. B. Alaunstein und Alaunschiefer. Lässt man diese Steine lange an der Luft liegen (verwittern) oder erhitzt (röstet) man sie gelind, so entsteht aus dem Schwefel Schwefelsäure, die sich nun mit der Thonerde verbindet.

Der Alaun besteht, wie man sieht, aus einer Verbindung zweier verschiedener Salze, er ist ein *Doppelsalz*. Die beiden

Fig. 136.



Salze, das schwefelsaure Kali und die schwefelsaure Thonerde, haben sich chemisch mit einander vereinigt, denn es ist ein neuer Körper mit neuen Eigenschaften daraus entstanden; sie haben sich *chemisch* mit einander vereinigt, denn es sind von beiden Salzen festbestimmte Mengen in Verbindung getreten, nämlich auf 1 Grm. schwefelsaures Kali 2 Grm.

schwefelsaure Thonerde, oder genauer: auf 1 Aeq. KO, SO_3 1 Aeq. $Al_2O_3, 3 SO_3$. Der Alaun ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich, reagirt sauer und hat, wie alle Thonerdesalze, einen zusammenziehenden Geschmack.

365. Eigenschaften. Gebrannter Alaun. *Versuch* **a.** Man erhitze einen kleinen Alaunkrystall vor dem Löthrohre: er schmilzt unter starkem Aufschäumen zu einer schwammigen, weissen Masse (gebrannter Alaun); das Aufschäumen rührt von dem verdampfenden Krystallwasser her, welches dem Gewichte nach beinahe die Hälfte des Alauns ausmacht (45,5 Proc.).

Farbstoffe und Alaun. *Versuch* b. Man koche 10 Grm. Rothholz mit der zwölffachen Menge Wassers $1/4$ Stunde lang und löse dann in der abgegossenen gelbrothen Brühe noch 10 Grm. Alaun auf: sie erlangt dadurch eine ungleich lebhaftere rothe Farbe. Nun giesse man so lange von einer Pottasche- oder Sodaauflösung hinzu, als noch ein Niederschlag erfolgt: der Niederschlag ist schön roth und giebt getrocknet dieselbe Farbe, die im Handel unter dem Namen Kugel- oder Wienerlack vorkommt. Auf ähnliche Weise macht man auch aus anderen Farbhölzern farbige Niederschläge (Lackfarben). Was hierdurch gezeigt werden soll, das ist die grosse Affinität, welche die Thonerde zu den Farbstoffen hat. Fast alle Farben des Pflanzen- und Thierreichs können durch die Thonerde gebunden und aus ihren Auflösungen niedergeschlagen werden. Hierauf gründet sich die hohe Wichtigkeit, welche die Thonerdesalze für die Färberei und Druckerei erlangt haben. Für diese Zwecke wird ausser dem Alaun auch sehr häufig die essigsaure Thonerde angewendet, weil die schwache Essigsäure leichter von der Thonerde weggeht, als die starke Schwefelsäure. Sie wird erhalten, wenn man essigsaures Bleioxyd und schwefelsaure Thonerde (oder Alaun), in Wasser gelöst, mit einander vermischt, wobei sich durch doppelte Wahlverwandtschaft lösliche essigsaure Thonerde (Thonbeize) und unlösliches schwefelsaures Bleioxyd bildet.

Kobaltlösung und Alaun. *Versuch* c. Man befeuchte ein Stückchen Alaun (oder auch Thon oder Thonerde) mit einem Tropfen salpetersaurer Kobaltauflösung und erhitze es vor

dem Löthrohre; die Salpetersäure wird verjagt, das zurückbleibende Kobaltoxyd aber färbt die Thonverbindung schön blau. Dieses Verhalten wird oft als ein sehr genaues Erkennungsmittel der Thonerde benutzt. Man bereitet auf ähnliche Weise auch eine werthvolle und sehr beständige blaue Farbe, die den Namen Kobaltultramarin erhalten hat.

366. Isomorphie. Der Alaun bietet ein schönes Beispiel dar, um daran die Erscheinung der sogenannten Isomorphie zu erläutern. Man ist nämlich im Stande, in demselben das Kali durch eine andere ähnliche einsäurige Basis, z. B. durch Natron oder Ammoniak, oder aber die Thonerde durch eine andere dreisäurige Basis, z. B. durch Chromoxyd oder Eisenoxyd, zu ersetzen, ohne dass dadurch die octaëdrische Krystallform geändert wird. Man erhält auf diese Weise folgende Arten von Alaun:

Kalialaun,	bestehend	aus	schwefels.	Thonerde	+	schwefels.	Kali,
Natronalaun	"	"	"	"	+	"	Natron,
Ammoniakalaun	"	"	"	"	+	"	Ammoniak,
Chromalaun	"	"	"	Chromoxyd	+	"	Kali (Natron oder Ammoniak),
Eisenalaun	"	"	"	Eisenoxyd	+	"	Kali (Natron oder Ammoniak).

Man nennt diese Verbindungen isomorphe (von *isos* — gleich, und *morph* — Gestalt) oder gleichgestaltige, und zwar aus dem Grunde, weil sie eine ähnliche Zusammensetzung und gleiche Krystallgestalt (Octaëder) haben. Der Name Alaun wird jetzt also auch für Doppelsalze gebraucht, in denen sich keine Thonerde vorfindet. Die drei ersten der genannten Alaune haben eine weisse Farbe, der Chromalaun eine dunkelrothe, der Eisenalaun eine blass-violette. Man kann sie leicht darstellen, wenn man die betreffenden einfachen Salze in passenden Verhältnissen zusammen in Wasser löst und die Lösung zum Krystallisiren hinstellt.

Den Namen isomorph wendet man auch auf Elemente und deren Verbindungen erster und zweiter Ordnung an, welche im Stande sind, ohne Aenderung der Krystallgestalt einander zu ersetzen oder zu vertreten und deren Moleküle zusammenkrystallisiren

können. So sind beispielsweise isomorphe Elemente: $\begin{cases}\text{Calcium}\\ \text{Magnesium}\\ \text{Eisen}\end{cases}$ oder $\begin{cases}\text{Phosphor}\\ \text{Arsen}\end{cases}$ oder $\begin{cases}\text{Schwefel}\\ \text{Selen}\end{cases}$; isomorphe Basen und Säuren: $\begin{cases}CaO\\ MgO\\ FeO\end{cases}$ oder $\begin{cases}PO_5\\ AsO_5\end{cases}$ oder $\begin{cases}SO_3\\ SeO_3\end{cases}$.

Kommen dieselben in isomorphen Verbindungen mit einander gemischt vor, so entsprechen sie nicht einzeln, sondern in ihrer Summa dem betreffenden Aequivalentgewicht; man fasst die zusammengehörigen Bestandtheile dann auch unter dem Namen „correspondirende Bestandtheile" zusammen.

Kieselsaure Thonerde.

367. Die kieselsaure Thonerde gehört zu den verbreitetsten Substanzen unseres Erdballes; amorph und pulverig stellt sie den Thon und Lehm der Ackererden dar, in derbem Zustande, als Feldsteinmasse, bildet sie die Grundmasse des Thonschiefers, Porphyrs, Basaltes und vieler anderen Gebirgsarten; in krystallinischem Zustande finden wir sie, mit den Silicaten von Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul zu Doppelsilicaten verbunden, in den verschiedenen Arten von Feldspath, Glimmer, Granat, Hornblende, Augit etc., welche nebst Quarz die Hauptbestandtheile des Granits, Gneisses, Glimmerschiefers und vieler anderer Gebirgsarten darstellen. Alle diese Gebirgsarten liefern beim Zerfallen einen thonigen oder lehmigen Boden, da die kieselsaure Thonerde unlöslich in Wasser ist und auch bei der Verwitterung zu Thon und Lehm unlöslich bleibt.

Verwitterung. In sehr einfacher Weise lässt sich diese an dem Kalifeldspath verdeutlichen. Dieser hat in seiner Zusammensetzung grosse Aehnlichkeit mit dem Kalialaun, nur dass er statt der Schwefelsäure Kieselsäure enthält.

Alaun (wasserfrei) ($KO, SO_3 + Al_2O_3, 3\,SO_3$);
Feldspath ($KO, 3\,SiO_2 + Al_2O_3, 3\,SiO_2$).

Durch den Einfluss der Luft und des (kohlensäurehaltigen) Wassers, der Hitze und der Kälte zerbröckelt der Feldspath endlich, wie alle Gesteine, er verwittert oder wird aufgelöst, wie

der Bergmann sagt, und dabei wird das kieselsaure Kali nach und nach durch das Wasser weggeführt, so dass als das Endproduct dieser Zersetzung reiner Thon, Porcellanerde oder Kaolin ($2\,Al_2O_3, 4\,SiO_2 + 4\,HO$) übrig bleibt. Dieser Thon ist nicht plastisch, er wird es erst, wenn er lange mit Wasser in Berührung gewesen und sich in Form eines höchst feinen Schlammes daraus abgesetzt hat. Solche durch natürliche Schlämmung gebildete Ablagerungen sind der Töpferthon und Pfeifenthon, der Thon- und Lehmboden der Niederungsgegenden u. a.

Wenn der Landwirth tief pflügt oder Brache hält, d. h. das aufgelockerte Feld einige Zeit unbebaut liegen lässt, so beschleunigt er dadurch die Verwitterung; dabei bilden sich aus den Bestandtheilen des Bodens lösliche Kali-, Natron-, Kalk- und andere Salze, und diesen insbesondere ist die vermehrte Fruchtbarkeit zuzuschreiben, welche dieses, wie es gewöhnlich heisst, „ausgeruhte Feld" gegen andere Felder zeigt.

Thon und Lehm.

368. Thon ist plastisch und wasserdicht. An dem bekannten Töpferthon und dem noch bekannteren Lehm kennt Jeder das eigenthümliche Verhalten zum Wasser: beide Erdarten werden, wenn man sie mit Wasser zusammenknetet, zu einem zusammenhängenden, schlüpfrigen Teige, aus dem sich Figuren aller Art bilden lassen, sie sind plastisch oder bildsam. Kalk und Sand, auf gleiche Weise behandelt, halten nicht zusammen, sondern bleiben bröcklich. Der Lehm unterscheidet sich von dem Thon nur dadurch, dass er mehr Sand enthält und durch beigemengten Eisenrost gelb oder braun gefärbt erscheint. Ein Thon, bei dem noch mehr Sand ist als bei dem Lehm, wird gewöhnlich Letten genannt.

Wassergallen. *Versuch.* Man mache aus Thon- oder Lehmteig ein hohles Gefäss und giesse Wasser hinein: das Wasser bleibt darin stehen, weil es von dem Thon nicht durchgelassen wird, wie vom Sande oder Kalke. Finden sich Thonlager unter der

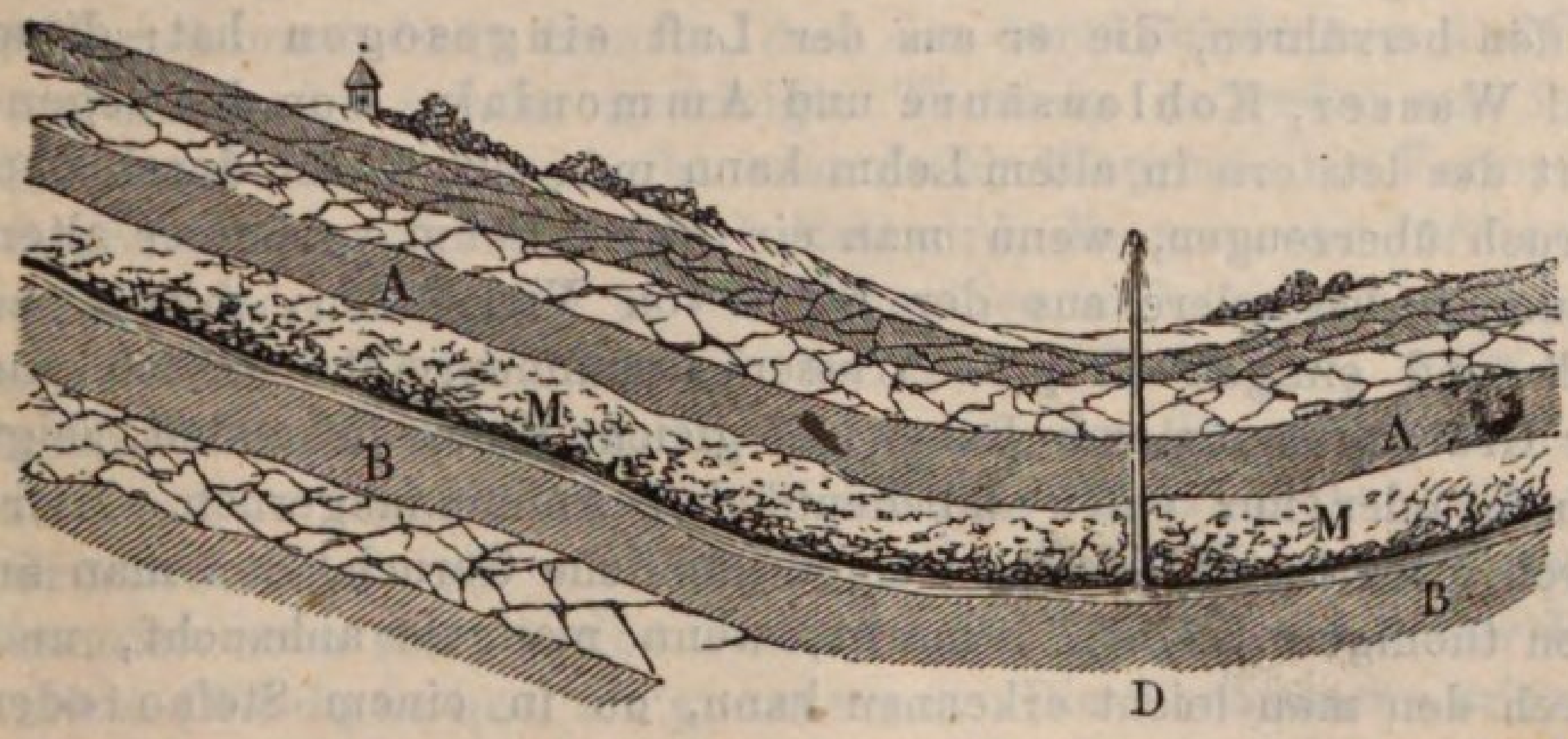
Fig. 137.



Ackererde eines Feldes, so kann an solchen Stellen das Regenwasser nicht in die Tiefe eindringen, und es entstehen auf diese Weise die sogenannten kalten und nassen Stellen oder Wassergallen. Man kann diese beseitigen, wenn man ein Loch durch die Thonschicht bis zur darunter befindlichen lockern Erdschicht bohrt, durch welches das Wasser abläuft (Fig. 137).

Artesische Brunnen. An vielen Orten trifft man im Inneren der Erde mehre mit Kies- oder Sandschichten (*M*) abwechselnde Thonablagerungen (*A*, *B*) über einander an (Fig. 138). Ziehen sich diese bis zu Anhöhen hinauf, so muss das eindringende Regenwasser sich zwischen den Thonschichten ansammeln und wie in einer Röhre in die Höhe steigen, da es sich weder

Fig. 138.



auf- noch abwärts ausbreiten kann. Bohrt man in solchen Gegenden an einer tiefgelegenen Stelle eine Oeffnung bis unter die obere Thon- oder Lehmschicht, so wird durch diese das Wasser bis über die Oberfläche des Erdbodens emporgetrieben und es entsteht ein natürlicher Springbrunnen, der noch höher springt, wenn man das Bohrloch bis unter das zweite etc. Thonlager niedertreibt. Den Namen artesische Brunnen haben diese Springquellen von der Grafschaft Artois in Frankreich erhalten, wo die Bodenverhältnisse so günstig sind, dass man fast bei jedem Bohrversuche auf solche trifft.

369. Saugkraft des Thons. *Versuch.* Rührt man unter Blauholzbrühe etwas Thon, so wird der Thon nach einigen Stunden violett, die Flüssigkeit aber viel heller aussehen. Der

Thon hat, wie die Thonerde, die Fähigkeit, Farbstoffe einzusaugen und unlöslich zu machen. Aehnlich verhält sich der Thon oder Lehm zu fettigen Stoffen, wie sich daraus ergiebt, dass man mittelst desselben Fettflecke aus Holz, Papier etc. herausziehen kann, wenn man die letzteren mit Thonbrei bestreicht und diesen einen halben bis ganzen Tag lang damit in Berührung lässt. In den Tuchfabriken benutzt man unter dem Namen Walkerde eine milde Thonart, um das beim Spinnen in die Wolle gebrachte Fett wieder daraus zu entfernen.

Thon saugt Luftarten ein. *Versuch.* Man lasse eine gewogene Menge von scharf getrocknetem Lehm einige Wochen an der Luft liegen und wäge sie nachher wieder: der Thon wird mehr wiegen als vorher. Die Gewichtszunahme kann nur von Stoffen herrühren, die er aus der Luft eingesogen hat; diese sind Wasser, Kohlensäure und Ammoniak. Von der Gegenwart des letztern in altem Lehm kann man sich leicht durch den Geruch überzeugen, wenn man ein Stück Lehm von einer alten Mauer, insbesondere aus der Nähe von Viehställen, mit etwas Kalk und einigen Tropfen Wasser zusammenreibt. Frisch aus der Grube genommener Lehm, auf gleiche Weise behandelt, zeigt keinen oder nur einen unbedeutenden Ammoniakgeruch. Hierdurch erklärt sich auch der eigenthümliche Geruch, den man an allen thonigen Steinen bemerkt, wenn man sie anhaucht, und durch den man leicht erkennen kann, ob in einem Steine oder einer Erde Thon enthalten sei oder nicht. Da Wasser, Kohlensäure und Ammoniak wichtige Nahrungsmittel für die Pflanzen sind, so ist es leicht einzusehen, dass der Lehm auch deswegen die Fruchtbarkeit der Felder erhöht, weil er die gedachten Stoffe aus der Luft anzieht. In sehr hohem Grade wirksam ist insbesondere der mit der Luft lange Jahre hindurch in Berührung gewesene Lehm, weil sich in demselben, in Folge langsamer Verwitterung, auflösliche Kalk- und Kalisalze (Salpeter etc.) gebildet haben. Darum schätzen auch erfahrene Landwirthe den Lehmschutt von alten Gebäuden als einen vorzüglichen Dünger. Eine ähnliche Veränderung erfährt der Lehm auch durch gelindes Brennen.

Gebrannte Thonwaaren.

370. Durch gelinde Erhitzung wird der Thon aufgeschlossen und die Verbindung zwischen der Thonerde und Kieselsäure so gelockert, dass die erstere nun durch Säuren gelöst werden kann (363). Durch sehr starke Erhitzung erfolgt im Gegentheil Verstärkung der Affinität, eine Erhöhung der Unlöslichkeit und zugleich eine Erhärtung des Thons zu einer festen, harten, in Wasser nicht mehr erweichbaren Masse. Dieses Verhalten des Thons in der Glühhitze, verbunden mit der plastischen Eigenschaft desselben in nassem Zustande, macht ihn vorzüglich geeignet zur Darstellung von irdenen Geschirren. Die Bereitungsart derselben kommt darin überein, dass der durch Schlämmen und Kneten mehr oder minder gereinigte Thonteig entweder aus freier Hand auf der Töpferscheibe oder durch Einpressen in Formen zu Gegenständen aller Art verarbeitet wird, die man erst lufttrocken werden lässt und dann in den Brennöfen so lange glüht, bis sie steinartig geworden sind. Während des Trocknens, mehr aber noch während des Brennens, zieht sich der Thon bedeutend zusammen (er schwindet); deshalb sind die Thongeschirre nach dem Brennen kleiner als vor demselben. Dieser Eigenschaft wegen benutzte man sonst kleine Thoncylinder zum Messen hoher Hitzgrade (Wedgewood's Pyrometer). Die Thonwaaren erlangen durch das Brennen zwar eine grosse Härte und Festigkeit, bleiben aber noch so porös, dass sie das Wasser einsaugen und durchschwitzen lassen. Man beseitigt diesen Uebelstand durch Ueberziehen derselben mit einer glasartigen Rinde, mit der sogenannten Glasur, die aus denselben Materialien zusammengesetzt wird wie das Glas. Die wichtigsten Gattungen von Thonwaaren sind:

a) Ziegelsteine und Schmelztiegel, aus rohem Lehm oder grobem Thon, meist unglasirt. Die braunrothe Farbe der Ziegel rührt von Eisenoxyd her. Feuerfeste oder Chamottesteine und Schmelztiegel werden aus sehr schwer schmelzbarem Thon unter Zusatz von schon geglühtem Thon (Scherben) dargestellt.

b) Töpferwaare, aus gewöhnlichem Thon, mit einem Bleiglase überzogen, welches aus Bleiglätte und Thon dargestellt wird.

c) Steingut (feine Töpferwaare), aus sehr weissem Thon, gleichfalls mit einem Bleiglasüberzuge.

d) Fayence, Töpferwaare mit Glasur, die man durch Zinnoxyd undurchsichtig und milchweiss (emailartig) macht (weisse Kachelöfen etc.).

e) Porcellan, wird aus dem feinsten Thon (Porcellanerde oder Kaolin) mit Feldspath bereitet und bis zur angehenden Schmelzung geglüht; die Glasur besteht aus Kaliglas, ohne Bleioxyd.

f) Steinzeug (ordinaires Porcellan), aus grauem Thon, halb geschmolzen; die Glasur wird durch Kochsalz erzeugt, welches man in den glühenden Töpferofen wirft, und besteht aus Natronglas, ohne Bleioxyd (Bierflaschen, Milchnäpfe etc.).

Als Farben zur Verzierung der Thonwaaren können nur Schmelzfarben (Metalloxyde), gerade wie bei der Glasmalerei, angewendet werden.

Lasursteinblau.

371. Durch Erhitzen von Thon, Schwefel und Soda ist man im Stande, das prachtvolle Ultramarinblau künstlich nachzubilden, welches bis daher durch Pulverisiren des kostbaren natürlichen Lasursteins gewonnen wurde, bei dessen Analyse man neben etwas Eisenoxyd nur die angegebenen Bestandtheile gefunden hatte. Die einzelnen Manipulationen der Fabrikation werden zwar noch geheim gehalten, die bereits bestehenden Fabriken liefern aber das Fabrikat — ebenso auch grünes Ultramarin — so billig, dass es jetzt die verbreitetste und schönste blaue Deckfarbe darstellt. Man kann es als eine Verbindung von Schwefelnatrium mit Natronsilicat und Thonerdesilicat ansehen. Beim Gebrauche dieser ganz unschädlichen Farben hat man sich zu hüten, sie mit Säuren zusammenzubringen, da diese das Schwefelnatrium unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zerlegen und dadurch das Blau und Grün in Schmutzigweiss umwandeln.

Zusammensetzung und Prüfung der Ackererden.

372. Hauptgemengtheile der Ackererden. Thon oder Lehm und Sand bilden Hauptbestandtheile unseres Ackerlandes; die Kenntniss ihrer Eigenschaften ist daher für

den Land- und Forstwirth von grosser Wichtigkeit, da er dadurch befähigt wird, sich über das verschiedene Verhalten des Bodens bei nassem oder trocknem Wetter, bei Kälte oder Hitze etc. Rechenschaft zu geben. Reiner Thonboden ist ganz unfruchtbar, ebenso reiner Sandboden; man erhält aber eine sehr fruchtbare Erde, wenn man diese beiden Bodenarten mit einander vermengt. Der Thon- oder fette Boden ist zu fest und schwer (zu bündig), als dass die Wurzeln, besonders die kleiner Gewächse, sich hinlänglich darin ausbreiten könnten; er ist ferner zu dicht, als dass er einen freien Luftwechsel gestattete. Ausserdem wird er bei kurzen Regengüssen wasserhart, d. h. er bekommt an der Oberfläche eine teigartige Rinde, die das tiefere Eindringen des Wassers verhindert; bei anhaltendem Regen aber wird er schlammig und dann lässt er das Wasser nur schwer wieder verdunsten und bleibt lange nass und kalt. Der Sand- oder magere Boden leidet an den entgegengesetzten Fehlern: er hat zu wenig Zusammenhang und ist zu porös und hält deshalb die Wurzeln der Pflanzen nicht fest genug; er wird von den Winden leicht aufgehoben und weggeweht; er lässt das Regenwasser zu tief eindringen und später wieder zu schnell verdunsten. Die angedeuteten Eigenschaften gehören zu dem, was man die äussere oder physische Beschaffenheit eines Bodens nennt. Es wird nun von selbst einleuchten, dass man die physische Beschaffenheit eines Thonbodens durch Zufuhr von Sand, die eines Sandbodens durch Zufuhr von Thon, Lehm oder Letten wesentlich verbessern kann.

373. Prüfung durch Schlämmen. *Versuch.* Um eine Ackererde auf ihren Gehalt an Lehm und Sand zu untersuchen, kocht man 50 Grm. davon in einem Porcellanschälchen mit etwas Wasser eine kurze Zeit und reibt sie dann mit einer Mörserpistille so lange, bis ein ganz gleichförmiger Brei entstanden ist. Röthet die Masse eingetauchtes blaues Lackmuspapier, so ist dies ein Zeichen, dass der Boden sauren Humus enthält und entweder der Entwässerung (Drainage) oder der Zufuhr von Kalk oder Mergel bedürftig ist. Den Brei verdünnt man dann noch mit Wasser und schüttet die trübe Flüssigkeit in ein hohes Glas (Fig. 139 a. f. S.); was im Schälchen zurückbleibt, wird mit etwas Wasser nachgespült. Bei ruhigem Stehen setzen sich die aufge-

schwemmten Erdtheile nach ihren specifischen Gewichten und ihrem Zertheilungsgrade zu Boden, der grobe Sand zuerst, dann der feine, zuletzt der Thon oder Lehm, und es lässt sich schon aus der verschiedenen Höhe der Sand- und Thonschichten ein ungefährer Schluss auf die Menge derselben machen.

Fig. 139.



Fig. 140.



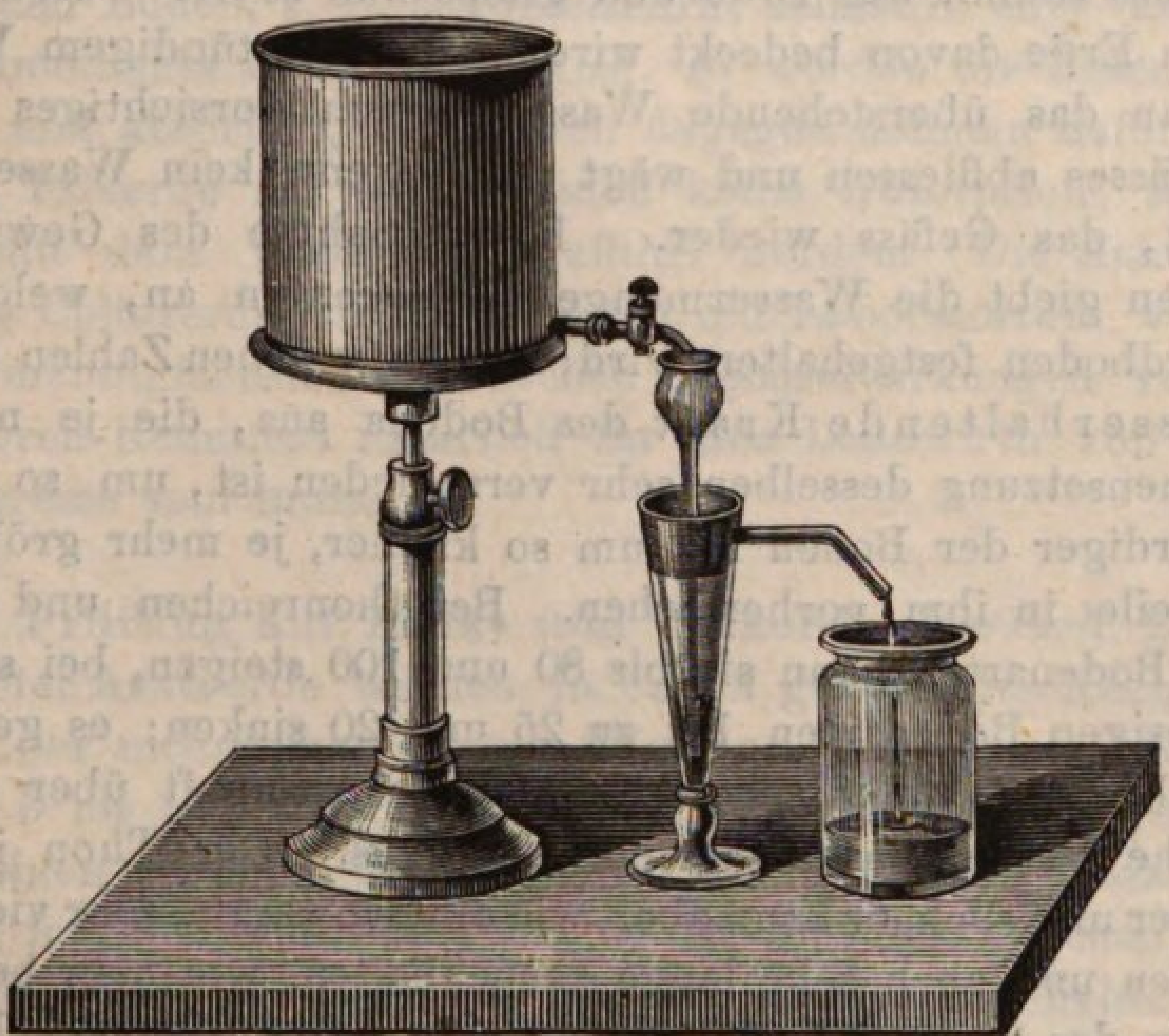
Genauer findet man diese Gemengtheile, wenn man den Bodensatz wieder aufrührt und die trübe Flüssigkeit nach kurzer Ruhe in ein anderes Gefäss abgiesst, jedoch mit der Vorsicht, dass von dem Sande, der wegen seiner gröberen Beschaffenheit zuerst zu Boden sinkt, nichts mit abfliesst. Der Rückstand wird wieder mit Wasser angerührt, letzteres abgegossen, und dieses Auf- und Abgiessen so lange fortgesetzt, bis aller Lehm aus dem Sande ausgewaschen ist. Beim Abgiessen hält man ein Stäbchen an den Rand des Glases, damit nicht ein Theil der Flüssigkeit an der äusseren Wandung des letzteren herabfliesse und so verloren gehe, oder man bestreicht den Glasrand mit etwas Talg, wodurch die Adhäsion der Flüssigkeit zum Glase gleichfalls aufgehoben wird. Der Sand wird getrocknet und gewogen; was an 50 Grm. fehlt, ist als feinerdige Masse, Lehm (Kalk und Humus in feinzertheiltem Zustande) in Rechnung zu bringen.

Diese Operation, durch welche man auf mechanischem Wege leichte Körper von schwereren oder richtiger feinzertheilte von gröberen trennt, heisst Schlämmen. Sie wird insbesondere in

den Hüttenwerken häufig angewendet, um das feingepochte Erzpulver von den beigemengten leichteren Stein- und Erdtheilen zu befreien.

374. Schlämmapparat. Noch besser als auf die angegebene Weise lässt sich die Trennung der feinerdigen Bodenbestandtheile von den gröberen mittelst des Schlämmapparates bewirken. Die gut zerriebene und in Wasser aufgeweichte Erde kommt in das oben mit einer Ausflussröhre versehene

Fig. 141.



Spitzglas, in dem ein bis zum Boden reichender Trichter steht, durch welchen ein continuirlicher Wasserstrahl aus dem höher stehenden grösseren Wasserreservoir in das Glas geleitet wird. Dieser rührt die Erde fortwährend auf und bringt die pulverigen Theile derselben in die Höhe, wo sie mit dem Wasser abfliessen, während die gröberen Theile nicht so hoch gehoben werden und in dem Glase zurückbleiben. Nach der Stärke des Wasserstrahls, den man durch einen Hahn reguliren kann, hat man es hier ganz in seiner Gewalt, die mechanische Trennung der Gemengtheile des Bodens, und mehr oder weniger scharf, sehr regelmässig vor sich gehen zu lassen, wie auch selbige in

beliebig viele Portionen zu zertheilen. So erhält man z. B. durch einen ganz schwachen Wasserstrahl nur die feinerdigen, durch einen stärkeren die groberdigen Erdtheile, durch einen noch stärkeren den feinen Sand u. s. f., und man kann diese alle für sich bestimmen, wenn man bei der jedesmaligen Verstärkung des Wasserstrahls frische Gefässe zur Aufnahme des Schlämmwassers untersetzt.

375. Wasserhaltende Kraft des Bodens. *Versuch.* Man schütte 100 Grm. trockne, zerriebene Erde in ein Becherglas, tarire dieses sammt der Erde und giesse nun soviel Wasser hinzu, dass die Erde davon bedeckt wird. Nach 24stündigem Weichen lässt man das überstehende Wasser durch vorsichtiges Neigen des Gefässes abfliessen und wägt dann, wenn kein Wasser mehr abtropft, das Gefäss wieder. Die Zunahme des Gewichts in Grammen giebt die Wassermenge in Procenten an, welche von dem Erdboden festgehalten wird; die gefundenen Zahlen drücken die wasserhaltende Kraft des Bodens aus, die je nach der Zusammensetzung desselben sehr verschieden ist, um so grösser, je feinerdiger der Boden ist, um so kleiner, je mehr gröbere Gemengtheile in ihm vorherrschen. Bei thonreichen und humusreichen Bodenarten kann sie bis 80 und 100 steigen, bei sandigen und kiesigen Bodenarten bis zu 25 und 20 sinken; es geben daher auch diese Zahlen schon annähernde Auskunft über die mechanische Zusammensetzung eines Bodens. Der Thon ist zwar in Wasser unlöslich, er kann aber, wie ein Schwamm, sehr viel davon einsaugen und auch sehr lange zurückhalten, wie man beim Austrocknen des nassen Thons leicht wahrnehmen kann. Ein entgegengesetztes Verhalten ist an dem Sande wahrzunehmen: er hält wenig Wasser zurück und giebt es sehr leicht wieder ab. Einen weiteren Unterschied zeigen diese beiden Erdarten endlich nach dem Trocknen: der Thon bildet derbe, harte Klumpen, der Sand ein lockeres, körniges Pulver. Es ist hiernach leicht erklärlich, warum der Landwirth die thonreichen Bodenarten als streng, schwer, nass, kalt und träge, die sandigen Bodenarten dagegen als leicht, trocken, hitzig und rasch bezeichnet.

376. Absorptionskraft des Bodens. Neuere Untersuchungen haben gelehrt, dass die Ackererde, insbesondere wenn sie reich an feinerdigen Gemengtheilen ist, ähnlich wie die po-

röse Holzkohle (114), die Kraft besitzt, gewisse leichtlösliche Basen und Säuren aus ihren wässerigen Lösungen abzuscheiden und festzuhalten. Die wichtigsten Nährmittel des Bodens und der in diesen gebrachten Düngemittel werden durch diese Absorptionskraft gegen die Auslaugung durch den Regen und gegen die Entführung derselben mit dem Drainwasser geschützt, insbesondere Ammoniak, Kali, Phosphorsäure und Kieselsäure. Die Wurzeln der Pflanzen und die Bodenfeuchtigkeit bringen die absorbirten Stoffe nach und nach wieder in Lösung und erstere saugen die Lösung als Nährflüssigkeit auf. Kommen Salze in den Boden, z. B. schwefelsaure, salzsaure oder salpetersaure Ammoniaksalze oder Kalisalze, so werden die Basen abgeschieden und absorbirt, die Säuren dagegen nehmen dafür Kalkerde und Talkerde auf und erleiden keine Absorption, sondern können mit dem Wasser weggeführt werden. Die Ackererde, zumal die Culturerde, stellt gleichsam ein Laboratorium vor, in dem die mannigfachsten chemischen Wechselwirkungen vor sich gehen, deren Kenntniss natürlich für den Landwirth von höchstem Interesse sein muss.

377. Prüfung auf Kalk- und Talkerde. *Versuch.* 20 Grm. getrockneter Ackererde werden in einem geräumigen Kochfläschchen mit der sechsfachen Menge Wasser und dann nach und nach mit 5 bis 10 Grm. Salzsäure übergossen und einige Stunden an einen warmen Ort gestellt. Tritt bei dem Zusatz der Säure ein merkliches Brausen ein, so ist dies ein Zeichen, dass der Boden reich an Kalk ist. Wenn dasselbe aufgehört hat, giesst man die Flüssigkeit auf ein Filtrum und spült das Fläschchen und Filtrum mit etwas warmem Wasser nach. Die durchgelaufene gelbliche Flüssigkeit wird so lange mit Ammoniak versetzt, bis sie deutlich danach riecht; die braunen Flocken, die sich hierbei ausscheiden, sind Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat (nebst Phosphorsäure), die man durch abermaliges Filtriren entfernt. Die erhaltene wasserhelle Flüssigkeit wird nun so lange mit einer Lösung von Oxalsäure in Wasser versetzt, als hierdurch noch eine Trübung von oxalsaurem Kalk (261) entsteht. Ist dabei der Ammoniakgeruch verschwunden, so fügt man von Neuem so viel Salmiakgeist hinzu, dass dieser Geruch wieder hervortritt. Die Stärke des Niederschlags zeigt an, ob

viel oder wenig Kalk zugegen ist. Will man die Menge desselben genauer bestimmen, so bringt man den Niederschlag, nachdem er sich abgelagert, auf ein gewogenes und getrocknetes Filtrum, wäscht ihn mit warmem Wasser aus und trocknet ihn bei Ofenwärme. Das Mehrgewicht des Filtrums ist oxalsaurer Kalk, wovon 100 Thle 38⅓ Thln. Kalk oder 68⅓ Thln. kohlensaurem Kalk entsprechen.

Die Talkerde oder Magnesia wird bei dem angegebenen Verfahren nicht mit gefällt, man kann sie aber aus der von dem oxalsauren Kalk abfiltrirten Flüssigkeit, der man noch etwas Ammoniak zugesetzt hat, durch Zusatz von phosphorsaurem Natron niederschlagen (357). Sind grössere Mengen davon vorhanden, so entsteht nach dem Umrühren mit einem Glasstabe sogleich ein weisser, krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde; bei geringem Gehalte erzeugt sich dieser Niederschlag erst nach längerem Stehen und in unbeträchtlicher Menge.

Die im Vorstehenden angegebenen einfachen Proben verdienten wohl häufiger von dem Landwirthe angestellt zu werden, als es jetzt geschieht; kann er doch durch sie, und zwar ohne kostspielige Apparate und grossen Aufwand an Zeit, sich selbst einigen Aufschluss über die hauptsächliche, oft sehr wechselnde Zusammensetzung des verschiedenen Bodens seiner Felder verschaffen.

Andere Erdmetalle.

378. Ausser dem allgemein verbreiteten Aluminium gehören noch in die Abtheilung der Erdmetalle die fünf seltenen Metalle: Beryllium, Zirconium, Yttrium, Erbium und Thorium. Die Sauerstoffverbindungen derselben sind weiss, unlöslich und erdig wie die Thonerde, und führen die Namen: Beryllerde, Zirconerde, Yttererde, Erbinerde und Thorerde. Die Beryllerde bildet mit Thonerde und Kieselsäure verbunden den durch Chromoxyd grün gefärbten Edelstein Smaragd, die Zirconerde mit Kieselsäure verbunden den rothen Hyacinth; die drei anderen Erden hat man bis jetzt nur in einigen seltenen Mineralien gefunden.

Rückblick auf die Erdmetalle.

(Aluminium, Beryllium, Yttrium etc.)

1) Die Erden sind Verbindungen der Erdmetalle mit Sauerstoff.

2) Sie sind im Wasser ganz unlöslich.

3) Sie verbinden sich nicht mit Kohlensäure.

4) Die wichtigste dieser Erden ist die Thonerde, die mit Kieselsäure verbunden (Thon, Lehm) einen Hauptbestandtheil des Ackerlandes, wie vieler Felsarten ausmacht.

5) Die Thonerde ist eine viel schwächere Basis als die Alkalien und alkalischen Erden.

6) Schwache Basen können sich oft mit starken Basen verbinden, gleichsam als ob sie Säuren wären.

7) Manche Körper können in chemischen Verbindungen einander vertreten, ohne dass eine Aenderung der Krystallform eintritt (isomorphe Verbindungen).

8) Neutralsalze sind Salze, in denen auf jedes Atom Sauerstoff, welches die Basis enthält, 1 Atom Säure kommt.

9) Manche Neutralsalze können sich noch mit 1 oder mehreren Atomen Säure verbinden; solche Verbindungen heissen saure Salze.

10) Ebenso giebt es auch Verbindungen von Neutralsalzen mit noch 1 oder mehreren Atomen Basis; man nennt sie basische Salze.

11) Wenn zwei verschiedene Salze sich chemisch mit einander vereinigen, so erhält man Doppelsalze.

Rückblick auf die bis hierher betrachteten (leichten) Metalle.

1) Die Alkali-, Erdalkali- und Erdmetalle werden zusammen leichte Metalle genannt, weil sie specifisch leichter sind als die übrigen Metalle.

2) Sie kommen nie als reine Metalle (gediegen), auch nicht als reine Oxyde (mit Ausnahme der Thonerde), sondern immer

als Salze in der Natur vor und bilden, nebst der Kieselerde, die Hauptmasse unserer Erdrinde.

3) Sie haben unter allen Körpern die grösste Verwandtschaft zum Sauerstoff und bilden damit Oxyde, welche sich (mit Ausnahme der Erden) in Wasser auflösen.

4) Die Oxyde der Alkali- und Erdalkalimetalle sind die stärksten Salzbasen (Alkalien, alkalische Erden).

5) Wegen der grossen Affinität zum Sauerstoff ist die Darstellung der leichten Metalle sehr schwierig, da man die Verbindung zwischen Metall und Sauerstoff nur in der stärksten Hitze durch Kohle, oder aber durch den galvanischen Strom aufheben kann. Genau bekannt und Handelsartikel sind nur Kalium, Natrium, (Lithium), Magnesium und Aluminium.

6) Bis zum Jahre 1807 hielt man die Alkalien und Erden für einfache Körper; in diesem Jahre gelang es aber dem englischen Chemiker Davy, sie durch den galvanischen Strom in Metalle und Sauerstoff zu zerlegen.

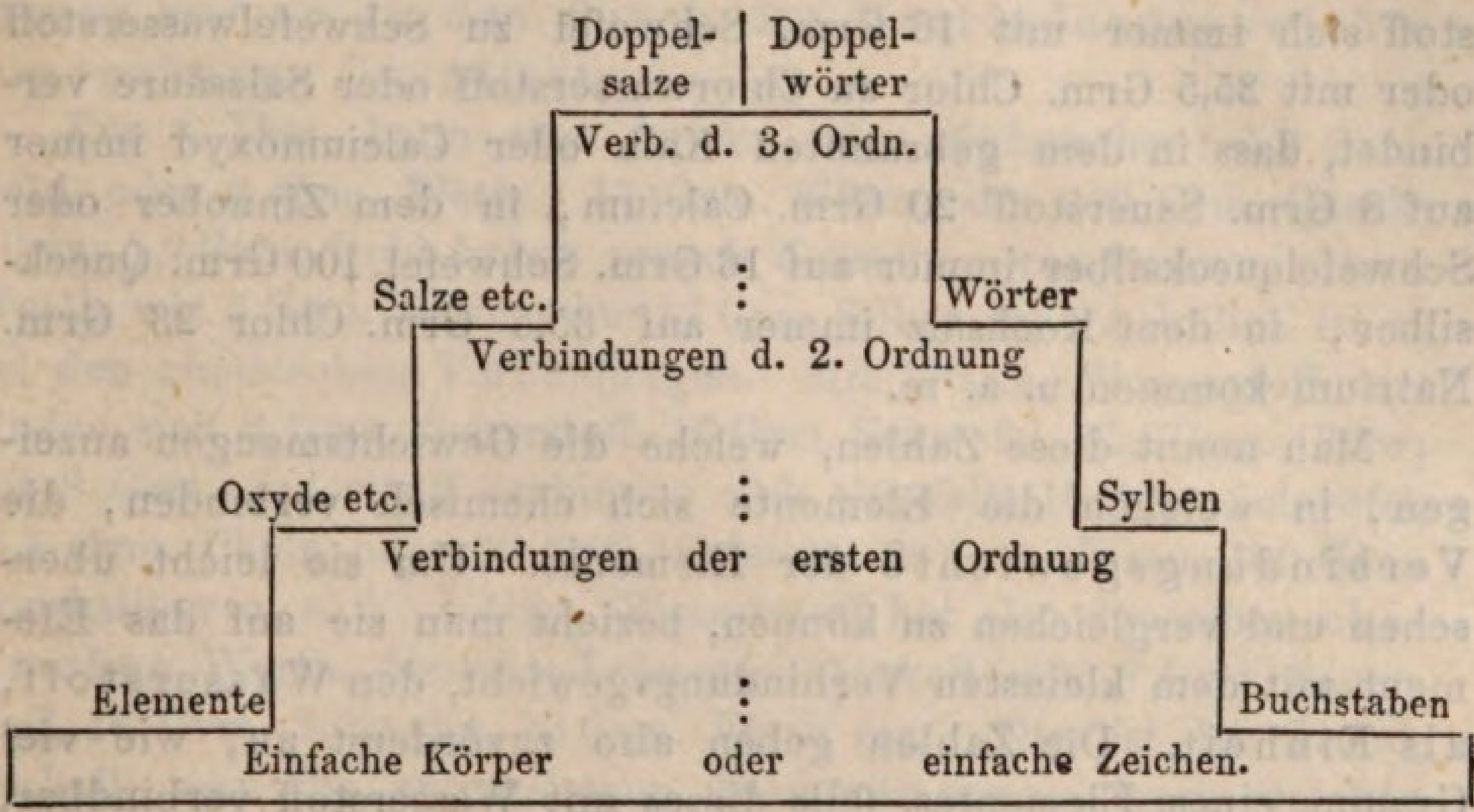
7) Die meisten leichten Metalle sind im Stande, das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur und ohne Zusatz einer Säure zu zerlegen, d. h. ihm den Sauerstoff zu entziehen und somit den Wasserstoff frei zu machen.

Chemische Verbindungsgesetze.

Ehe wir weiter gehen zu der Betrachtung der übrigen Metalle, wird es gut sein, noch einmal einen Blick auf die im Vorigen oft erwähnten chemischen Verbindungsgesetze zu werfen und diese zu einer ungefähren Gesetzsammlung zu vereinigen.

379. Eintheilung der chemischen Verbindungen. Wie man aus den 25 Buchstaben unseres Alphabets unzählige Worte bilden kann, so lassen sich auch aus den 63 chemischen Elementen unzählige Verbindungen darstellen. Diese zerfallen in drei grosse Abtheilungen. Verbindungen erster Ordnung entstehen, wenn Elemente sich mit Elementen vereinigen; dahin gehören z. B. Säuren und Basen. Verbinden sich diese unter einander, so erhält man die Verbindungen zweiter Ordnung, z. B. Salze. Aus der Vereinigung der Salze mit Salzen entstehen die Verbindungen dritter Ordnung, z. B. Doppelsalze.. Etwas ganz

Aehnliches finden wir auch in unserer Sprache. Aus Buchstaben und Buchstaben bilden wir *Sylben*, aus Sylben und Sylben *Wörter*, aus Wörtern und Wörtern *zusammengesetzte Wörter*. Das folgende Schema wird diese Aehnlichkeit klarer machen.



Das aus dem vorigen Abschnitte bekannte Doppelsalz *Kalialaun* bietet ein gutes Beispiel dar, um sowohl in chemischer als sprachlicher Hinsicht den stufenweisen Uebergang vom Einfachen zum Zusammengesetzten daran zu erklären.

	Chemisches Beispiel.		Sprachliches Beispiel.	
Einfache Körper u. Zeichen:	K, Al (Metalle)	O, S (Nichtmetalle)	k, l, n, (Consonanten)	a, i, u, (Vocale)
Verbindungen 1. Ordn.	KO, Al_2O_3, (Basen)	SO_3 (Säure)	ka, li, al, aun. (Sylben)	
Verbindungen 2. Ordn.	$KOSO_3$, $Al_2O_3\,3\,SO_3$ (Salze)		Kali, Alaun. (Wörter)	
Verbindungen 3. Ordn.	$KO,SO_3 + Al_2O_3,3SO_3$ (Doppelsalz)		Kalialaun. (Doppelwort)	

Gewichtsverhältnisse bei chemischen Verbindungen. *Wenn sich Elemente chemisch mit einander verbinden, so geschieht dies immer in festbestimmten Gewichtsmengen.* In dem Wasser finden wir jederzeit 1 Grm. Wasserstoff mit 8 Grm. Sauerstoff verbunden, es mag vorkommen wo und wie es will, in Quellen oder im Meere, als Eis oder Dunst. Bereiten wir es uns künstlich, indem wir Wasserstoffgas

in Sauerstoffgas verbrennen, so brauchen wir ganz genau dieselben Gewichtsmengen der beiden Gase. Nehmen wir $1\frac{1}{2}$ Grm. Wasserstoff, so bleibt $\frac{1}{2}$ Grm. Wasserstoff übrig: nehmen wir 9 Grm. Sauerstoff, so bleibt 1 Grm. Sauerstoff übrig. Ebenso haben die genauesten Untersuchungen gelehrt, dass 1 Grm. Wasserstoff sich immer mit 16 Grm. Schwefel zu Schwefelwasserstoff oder mit 35,5 Grm. Chlor zu Chlorwasserstoff oder Salzsäure verbindet, dass in dem gebrannten Kalk oder Calciumoxyd immer auf 8 Grm. Sauerstoff 20 Grm. Calcium, in dem Zinnober oder Schwefelquecksilber immer auf 16 Grm. Schwefel 100 Grm. Quecksilber, in dem Kochsalz immer auf 35,5 Grm. Chlor 23 Grm. Natrium kommen u. a. m.

Man nennt diese Zahlen, welche die Gewichtsmengen anzeigen, in welchen die Elemente sich chemisch verbinden, die Verbindungsgewichte der Elemente. Um sie leicht übersehen und vergleichen zu können, bezieht man sie auf das Element mit dem kleinsten Verbindungsgewicht, den Wasserstoff, als Einheit. Die Zahlen geben also zuvörderst an, wie viel Gramm eines Elementes, falls dieses mit Wasserstoff verbindbar, mit 1 Grm. des letztern in Verbindung treten.

380. Aequivalentgewichte. Weitere Versuche führten zu der überraschenden Entdeckung, dass man aus den gefundenen Zahlen nicht nur erfahren könne, in welchen Quantitäten sich die Elemente mit dem Wasserstoff verbinden, sondern auch, in welchen Quantitäten sie sich unter einander verbinden. Dies geschieht nämlich gleichfalls genau in den Gewichtsmengen, welche durch die Zahlen der Verbindungsgewichte angegeben werden. 1 Grm. Wasserstoff verbindet sich genau mit 8 Grm. Sauerstoff zu Wasser, mit 16 Grm. Schwefel zu Schwefelwasserstoffgas, mit 35,5 Grm. Chlor zu Salzsäure; dieselbe Menge Schwefel, die mit 1 Grm. Wasserstoff Schwefelwasserstoff giebt, bildet mit 8 Grm. Sauerstoff unterschweflige Säure, mit 20 Grm. Calcium Schwefelcalcium, mit 28 Grm. Eisen Einfach-Schwefeleisen, mit 100 Grm. Quecksilber Schwefelquecksilber oder Zinnober. Erhitzt man Eisen mit Zinnober, so tritt der Schwefel an das stärkere Eisen und das Quecksilber wird frei; 28 Grm. Eisen reichen dann gerade hin, um 116 Grm. Zinnober zu zerlegen, und dabei werden jedesmal 100 Grm. Quecksilber ausgeschieden.

Wendet man mehr Eisen an, so bleibt ein Theil Eisen unverbunden; nimmt man mehr Zinnober, so bleibt ein Theil Zinnober unzersetzt. Wenn in einer chemischen Verbindung ein Element an die Stelle eines anderen tritt, so geschieht dieses immer in den durch die Verbindungsgewichte angegebenen Quantitäten.

Für 1 Thlr. kann man kaufen oder eintauschen: 1,2 Grm. Gold oder 5 Grm. Platin, 17 Grm. Silber oder 300 Grm. Quecksilber; 1,2 Grm. Gold haben sonach denselben kaufmännischen Werth wie 5 Grm. Platin oder 17 Grm. Silber etc. Aehnlich ist es bei den chemischen Verbindungen. Mit 1 Grm. Wasserstoff verbinden sich 8 Grm. Sauerstoff, 16 Grm. Schwefel, 35,5 Grm. Chlor; mit 8 Grm. Sauerstoff verbinden sich ebenfalls 16 Grm. Schwefel, 35,5 Grm. Chlor, oder 20 Grm. Calcium, 28 Grm. Eisen, 100 Grm. Quecksilber u. s. f. 1 Grm. Wasserstoff hat also denselben chemischen Werth, dieselbe Leistungsfähigkeit wie 8 Grm. Sauerstoff, 16 Grm. Schwefel, 28 Grm. Eisen etc. Dies ist der Grund, weshalb man die angegebenen Elementmengen, nach welchen sich dieselben bei chemischen Zersetzungen der Körper derselben Art austauschen, als äquivalente ansieht (von *aequus*, gleich, und *valere*, gelten, Werth haben). Unter 1 Aequivalent Wasserstoff = H hat man sich also immer 1 Gewichtstheil, unter 1 Aeq. Sauerstoff = O 8 Gewthle., unter 1 Aeq. Chlor = Cl 35,5 Gewthle., unter 1 Aeq. Eisen = Fe 28 Gewthle. zu denken. Die Zahlen der Verbindungsgewichte werden deshalb auch Aequivalentgewichte (Aeq.-Gew.) genannt. Die Elemente mit kleinem Aequivalentgewicht müssen hiernach gleichsam als sehr kräftige chemische Körper angesehen werden, die mit grossem Gewichte dagegen als schwache.

Verbindungsgewichte oder Aequivalentgewichte der bekanntesten Elemente.

Wasserstoff . . .	H =	1	Chlor	Cl =	35,5
Sauerstoff	O =	8	Brom	Br =	80
Stickstoff	N =	14	Jod	J =	127
Kohlenstoff	C =	6	Fluor	Fl =	19
Schwefel	S =	16	Bor	B =	11
Phosphor	P =	31	Silicium	Si =	14

Kalium	K = 39		Cadmium	Cd = 56	
Natrium	Na = 23		Blei	Pb = 103,5	
Lithium	Li = 7		Kupfer	Cu = 31,7	
Calcium	Ca = 20		Quecksilber . . .	Hg = 100	
Barium	Ba = 68,5		Silber	Ag = 108	
Strontium	Sr = 43,8		Platin	Pt = 99	
Magnesium . . .	Mg = 12		Gold	Au = 197	
Aluminium	Al = 13,7		Zinn	Sn = 59	
Eisen	Fe = 28		Wismuth	Bi = 208	
Mangan	Mn = 27,5		Chrom	Cr = 26	
Kobalt	Co = 29,5		Molybdän	Mo = 48	
Nickel	Ni = 29,5		Wolfram	W = 92	
Uran	U = 60		Antimon	Sb = 122	
Zink	Zn = 32,5		Arsen	As = 75	

Statt, wie es hier geschehen, die Verbindungsgewichte auf 1 Wasserstoff zu beziehen, wurden bisher vielfach 100 Sauerstoff als Einheit angenommen. Um die obigen Zahlen dieser Annahme gemäss umzuwandeln, braucht man sie nur mit $12^1/_2$ zu multipliciren.

381. Verbindungs- oder Aequivalentgewichte zusammengesetzter Körper. Die im Vorhergehenden an den Elementen nachgewiesene Gesetzmässigkeit gilt auch für die chemischen Verbindungen zweiter und dritter Ordnung, worauf schon der Vorgang beim Neutralisiren einer Basis mit einer Säure und die in 267. und 268. besprochenen Verbindungsverhältnisse hindeuten. Wenn sowohl die basischen Eigenschaften einer Basis als die sauren einer Säure verschwunden sind, dann haben sich gerade von beiden Körpern die gesetzlich bestimmten Mengen mit einander vereinigt. Wie gross diese Menge für jeden Körper sei, erfährt man leicht, wenn man die Aequivalentzahlen ihrer Bestandtheile zusammenaddirt.

Kreide ist kohlensaure Kalkerde (CaO, CO_2).

Die Kalkerde besteht aus:	Die Kohlensäure besteht aus:
1 Aeq. Calcium = 20	1 Aeq. Kohlenstoff = 6
und 1 Aeq. Sauerstoff = 8;	und 2 Aeq. Sauerstoff = 16;
CaO hat also die Zahl 28,	CO_2 hat also die Zahl 22,

d. h. in der Kreide sind immer 28 Grm. Kalkerde mit 22 Grm. Kohlensäure verbunden und genau dieselben Mengen muss man anwenden, wenn man sie künstlich aus ihren Bestandtheilen darstellen will. Der kohlensaure Kalk erhält hiernach die Zahl = 50.

Will man die Kreide durch englische Schwefelsäure in Gyps ($CaO, SO_3 + 2HO$) umwandeln, so hat man zuerst die Zahl für die englische Schwefelsäure zu suchen. In ihr findet man gewöhnlich 1 Aeq. wasserfreie Schwefelsäure mit 1 Aeq. Wasser vereinigt.

Die Bestandtheile der Schwefelsäure sind:		Die Bestandtheile des Wassers sind:	
1 Aeq. Schwefel	= 16	1 Aeq. Wasserstoff	= 1
und 3 Aeq. Sauerstoff	= 24;	und 1 Aeq. Sauerstoff	= 8;
SO_3 hat also die Zahl	= 40.	HO hat also die Zahl	= 9.

Die englische Schwefelsäure erhält folglich die Zahl = 49. Diese Quantität in Grammen reicht genau hin, um, unter Zuhülfenahme von noch 1 Aeq. Wasser (9 Grm.), die obigen 50 Grm. von kohlensaurem Kalk vollständig in schwefelsauren zu verwandeln. Die Kohlensäure, welche dabei entweicht, beträgt 22 Grm.

Der Gyps verbindet sich immer mit 2 Aeq. Krystallwasser, seine Bestandtheile sind also:

1 Aeq. CaO	= 28
1 Aeq. SO_3	= 40
und 2 Aeq. HO	= 18
Aeq.-Zahl des krystall. Gypses	= 86.
Aeq.-Zahl des wasserfreien Gypses	= 68.

Ehe man diese Gesetze kannte, konnte man nur durch mühsames Probiren finden, wie viel man von dem einen Körper zu nehmen hatte, um ihn mit einem anderen zu verbinden oder durch ihn einen anderen zu ersetzen; jetzt braucht man nur in den Tabellen der Verbindungs- oder Aequivalentgewichte die betreffenden Zahlen nachzusehen, um im Voraus die anzuwendenden Gewichtsmengen zu erfahren.

382. Gesetz der multiplen Proportionen. Viele Elemente haben die Fähigkeit, sich bald mit weniger, bald mit mehr, bald mit noch mehr Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. w. zu verbinden; es entstehen auf diese Weise die unter 177. beschriebenen Oxyda-

tions-, Schwefelungs- und Chlorstufen. Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als läge darin ein Widerspruch mit dem Gesetze: dass sich die Körper immer in festbestimmten Quantitäten mit einander verbinden; der Widerspruch verschwindet aber, wenn man die Sache aufmerksamer betrachtet, denn man wird dann finden, dass es sich nicht um ein beliebiges oder zufälliges Mehr oder Weniger handelt, sondern um ein gleichfalls festbestimmtes und unveränderliches.

Besteigen wir eine Anhöhe, so steht es in unserm Belieben, mehr oder weniger, grössere oder kleinere Schritte zu machen, denn wir können den Fuss auf jeder beliebigen Stelle aufsetzen; steigen wir aber auf einer Treppe oder einer Leiter in die Höhe, so sind wir gezwungen, eine festbestimmte Anzahl von Schritten zu machen, weil wir den Fuss nur an bestimmten Stellen aufsetzen können. Wie in dem letzteren Falle, so verhält es sich auch mit den Körpern, die sich in mehr als einem Verhältnisse mit einem anderen verbinden: es werden von ihnen zwar verschiedene, jederzeit aber doch unveränderliche Mengen aufgenommen. Hierbei hat man gefunden, dass die grösseren Mengen immer genau das 1½fache, Doppelte, 2½fache, 3fache oder 3½fache von der geringsten Menge betragen, nicht aber etwa das 1¼fache oder 1¾fache oder 1⅞fache u. s. w. Das Aufsteigen erfolgt gleichsam nur auf ganzen oder halben Stufen, z. B.:

6 Grm. Kohlenstoff geben mit	8 Grm. Sauerst.	Kohlenoxydgas	$= CO$,
	12 „ „	Oxalsäure (doppelt)	$= C_2O_3$,
	16 „ „	Kohlensäure	$= CO_2$.

14 Grm. Stickstoff geben mit	8 Grm. Sauerst.	Stickoxydul	$= NO$,
	16 „ „	Stickoxyd	$= NO_2$,
	24 „ „	salpetrige Säure	$= NO_3$,
	32 „ „	Untersalpeters.	$= NO_4$,
	40 „ „	Salpetersäure	$= NO_5$.

27,5 Grm. Manganmetall geben mit	8 Grm. Sauerst.	Manganoxydul	$= MnO$,
	12 „ „	Manganoxyd (doppelt)	$= Mn_2O_3$,
	16 „ „	Manganüberoxyd	$= MnO_2$,
	24 „ „	Mangansäure	$= MnO_3$,
	28 „ „	Uebermangansäure (doppelt) . .	$= Mn_2O_7$.

Bei den Kohlenstoffverbindungen ist also das
Verhältniss des Sauerstoffs wie 1 zu $1^1/_2$ zu 2.
Bei den Stickstoffverbindungen ist also das
Verhältniss des Sauerstoffs wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5.
Bei den Manganverbindungen ist also das
Verhältniss des Sauerstoffs wie 1 : $1^1/_2$: 2 : 3 : $3^1/_2$.

Man sieht, diese Zahlen stehen in einem sehr einfachen Verhältnisse (Proportion) zu einander und die grösseren betragen immer ein Mehrfaches (Multiples) von den kleineren; daher der Name: Gesetz der multiplen Proportionen.

383. Gesetz der einfachen Gasvolume. Dieselbe Gesetzmässigkeit, welche bezüglich des Gewichtes bei der Verbindung eines Körpers mit einem anderen stattfindet, nehmen wir auch dann wahr, wenn wir bei der Verbindung von gasförmigen Körpern untersuchen, welche Mengen dem Maasse nach sich chemisch mit einander vereinigen. Die Antwort lautet: Gas- und dampfförmige Körper verbinden sich nach einfachen Raum- oder Volumverhältnissen mit einander. Ferner hat man gefunden, dass die erzeugte Verbindung, sofern sie wiederum gas- oder dampfförmig ist, entweder das Volum ihrer Bestandtheile beibehält oder sich in einfachem Verhältniss zu einem kleineren Volum verdichtet. So werden z. B. erzeugt aus:

1	Vol.	Chlor	und 1	Vol.	Wasserstoff	2	Vol.	Chlorwasserstoff, HCl,
1	„	Sauerstoff	„ 1	„	Stickstoff	2	„	Stickstoffoxyd, NO_2,
1	„	Stickstoff	„ $1^1/_2$	„	Sauerstoff	2	„	salpetrige Säure, NO_3,
1	„	Sauerstoff	„ 2	„	Stickstoff	2	„	Stickstoffoxydul, NO,
1	„	„	„ 2	„	Wasserstoff	2	„	Wassergas, HO,
1	„	Schwefelgas	„ 2	„	Sauerstoff	2	„	schweflige Säure, SO_2,
1	„	„	„ 2	„	Wasserstoff	2	„	Schwefelwasserstoff, HS,
1	„	Stickstoff	„ 3	„	Wasserstoff	2	„	Ammoniak, NH_3 etc.

Wir finden also auch hier dieselbe Gesetzmässigkeit und eine noch weit grössere Einfachheit, als wenn die Körper sich dem Gewichte nach mit einander verbinden. Wäre es möglich, alle Körper in Gase zu verwandeln, so würden wir wahrscheinlich bei allen chemischen Verbindungen ähnliche einfache Maassverhältnisse bemerken. Durch Vergleichung des Gewichts, welches

gleiche Volume der einzelnen Gase, z. B. 1 Liter, besitzen (Volumgewicht), lassen sich aber auch hier die Maassbestimmungen leicht in Gewichtsbestimmungen überführen.

So viel über die durch das Experiment bewiesenen Regelmässigkeiten bei chemischen Verbindungen und Zersetzungen. Ueber die daraus gezogenen mehr theoretischen und hypothetischen Folgerungen wird in Verbindung mit den neueren chemischen Theorieen und Ansichten ein kleiner Nachtrag am Schlusse dieser Abtheilung nachfolgen.

M e t a l l e.

II. Abtheilung.

Schwere Metalle.

I. E i s e n g r u p p e.

Eisen, *Ferrum* (Fe).

(Aeq.-Gew. = 28. — Specif. Gew. = 7,5 bis 7,8.)

— Schon im Alterthume bekannt. —

384. Nennt man das Gold den König der Metalle, so muss das Eisen als der bei Weitem wichtigste und nützlichste Mann im Staate der Metalle gelten. Sonst sah man das Eisen als das Symbol des Krieges an und gab ihm den Namen Mars und dessen Zeichen ♂; dass es jetzt aber auch für die friedlichen Beschäftigungen der Menschen eine grosse, eine unbeschreiblich grosse Wichtigkeit erlangt hat, wer wüsste das nicht? Nicht in Schwerter und Kanonen allein vermögen wir dieses Metall umzuformen, das Eisen ist es, aus dem wir uns auch Pflug und Meissel und die tausenderlei verschiedenartigen Werkzeuge und Maschinen, von der simplen Kaffeemühle an bis hinauf zu der wundersamen Dampfmaschine, darstellen; es ist die Leiter, auf der Künste und Gewerbe bis zu einer so ausserordentlichen Höhe hinaufgestiegen sind; es ist die Brücke, auf der wir jetzt über Berg und Thal mit einer Geschwindigkeit hinwegfliegen, die ans Zauberhafte grenzt.

Das Gold finden wir gediegen auf der Oberfläche der Erde; wir brauchen den Kiesboden mancher Länder, den Sand mancher Flüsse nur auszuwaschen und abzuschlämmen, um das Gold in metallischem Zustande zu erhalten. Nicht so mit dem Eisen,

welches gediegen nur als Seltenheit in manchen **Meteormassen** vorkommt. Aus der Tiefe der Erde müssen wir durch kunstvolle Bauten die Erze hervorholen, in denen das Eisen versteckt liegt; durch künstliche Mittel müssen wir diesen in dem heftigsten Feuer erst ihren Sauerstoff entziehen, um sie in metallisches Eisen zu verwandeln, müssen das letztere erst umschmelzen und auf die mannigfachste Weise umarbeiten, ehe es die Eigenschaft erlangt, sich schmieden und schweissen zu lassen. Das Gold wird dem Menschen von der Natur als ein Geschenk dargeboten; das Eisen muss erst durch die mühsamste Arbeit, durch Anstrengung der körperlichen wie der geistigen Kräfte erkämpft werden. Gerade dadurch aber ist das Eisen zu einem Segen geworden für die Länder, die sich mit der Darstellung und Verarbeitung desselben beschäftigen; denn wir finden in ihnen, wie die Geschichte lehrt, den Segen der Arbeit: Gesundheit, Zufriedenheit, Wohlstand und Geistescultur in viel höherem Maasse, als in den Ländern, wo man Gold im Ueberflusse hatte und dabei das Arbeiten verlernte.

Eisen in organischen Körpern. Das Eisen erscheint auch in anderer Beziehung vor allen anderen schweren Metallen bedeutungsvoll für den Menschen. Es ist das einzige Metall, welches unschädlich ist für unsere Gesundheit; das einzige Metall, welches einen nie fehlenden Bestandtheil des **thierischen Körpers**, namentlich des Blutes, ausmacht; das einzige Metall, welches wir überall auf der Erde, in allen Steinen und Erdarten und auch in den **Pflanzen** antreffen. Wissen wir auch noch nicht, worin der Einfluss besteht, den es auf das Leben der Thiere und Pflanzen ausübt, zu dem Schlusse müssen wir doch durch seine allgemeine Verbreitung geführt werden, dass es der höchsten Weisheit gefallen hat, dem Eisen eine ähnliche Wichtigkeit für das organische Leben beizulegen wie dem Kochsalze, dem Kalke, der Phosphorsäure und einigen anderen Stoffen.

Eisenoxyde und Eisenerze.

Zur Darstellung des Eisens dienen die in der Natur vorkommenden Sauerstoffverbindungen desselben, die zuerst der Betrachtung unterliegen mögen. Man wendet zu den nachfolgen-

den Versuchen das zarte Eisenpulver an, das in der Apotheke unter dem Namen *ferrum pulveratum* vorräthig gehalten wird.

Eisenoxyduloxyd (FeO, Fe_2O_3).

385. Hammerschlag. Man schütte 1,4 Grm. Eisenpulver auf eine Kohle und erhitze es an einer Stelle einige Augenblicke mit dem Löthrohre: es fängt an zu glühen und dieses Glühen pflanzt sich nachher von selbst durch die ganze Masse fort, was man sehr deutlich an dem regenbogenfarbigen Streifen erkennt, der dem Erglühen vorausgeht. Das Eisen nimmt dabei eine dunklere, fast schwarze Farbe an und bildet nach dem Erkalten einen zusammengebackenen Kuchen, der 1,5 Grm. wiegt, weil sich 0,1 Grm. Sauerstoff mit dem Eisen verbunden hat. Man kann denselben als Eisensuboxyd (1 Aeq. Eisen und $1/4$ Aeq. Sauerstoff) ansehen. Erhitzt man ihn weiter vor dem Löthrohre, bis das Eisen 0,4 Grm. Sauerstoff aufgenommen (1 Aeq. Sauerstoff auf 1 Aeq. Eisen), so hat die Verbindung die Zusammensetzung des Eisenoxyduls (FeO). Bei noch längerer Erhitzung wird dieses, wenn es noch 0,1 Grm. Sauerstoff angezogen, zu derselben Verbindung, welche sich beim Verbrennen des Eisens in Sauerstoff und beim Schmieden und Schweissen des Eisens bildet, zu dem bekannten Hammerschlag. Er ist ein Gemenge von Oxydul und Oxyd (Fe_2O_3). Das Eisenoxydul kann man sich auf diese Weise nicht rein darstellen, weil sich immer gleichzeitig Oxyd mitbildet; wohl aber lässt sich aus der Farbe des Suboxyds und Oxyduloxyds schliessen, dass es eine schwarze Farbe besitzt. Diese Farbe bemerken wir auch an allen Felsarten, die Eisenoxydul enthalten, als Basalt, Thonschiefer u. a Das gewöhnliche Flaschenglas, Grünstein, Serpentin etc. verdanken ihre grüne Farbe dem kieselsauren Eisenoxydul.

Magneteisenstein. An vielen Orten findet man im Innern der Erde ein Eisenerz, welches dieselbe Zusammensetzung und dieselbe schwarze Farbe hat wie der Hammerschlag. Man nennt es Magneteisen, weil es nicht nur von dem Magnete angezogen wird, sondern selbst kleine Eisenstückchen anzieht und festhält. Umgiebt man ein Stück Magneteisen mit zwei eisernen Stäben, so geht die magnetische Kraft aus dem

Steine in das Eisen über, und man kann sich auf diese Weise kleine (natürliche) Magnete anfertigen. Das berühmte schwedische Eisen wird zum grössten Theile aus diesem Eisenerze ausgeschmolzen.

Eisenoxyd (Fe_2O_3).

386. *Versuch* a. Wird Hammerschlag lange Zeit in der äusseren oder Oxydationsflamme des Löthrohrs erhitzt, so überzieht er sich mit einem braunrothen, pulverigen Ueberzuge; er nimmt nämlich noch mehr Sauerstoff aus der Luft auf und wird zu Eisenoxyd.

Versuch b. Leichter stellt man sich das Eisenoxyd auf folgende Weise dar. Man legt einen Krystall von Eisenvitriol ($FeO, SO_3 + 7HO$) auf eine Kohle und glüht ihn so lange, bis er braunroth geworden ist. Wasser und Schwefelsäure entweichen, und das übrigbleibende Eisenoxydul nimmt noch $\frac{1}{2}$mal mehr Sauerstoff auf, als es schon hatte, es wird zu Eisenoxyd. Die rothe Farbe des letzteren tritt erst dann recht deutlich hervor, wenn man es mit dem Fingernagel auf einem Papiere breit reibt. Auf gleiche Weise bleibt Eisenoxyd zurück, wenn man Eisenvitriol erhitzt, um daraus Vitriolöl darzustellen; dieses kommt unter den Namen *Caput mortuum*, Todtenkopf, Englischroth oder Polirroth, als eine beliebte und wohlfeile Anstrichfarbe und als Polirmittel für Glas und Metall in den Handel.

Rotheisensteine. Das Eisenoxyd findet sich aber auch von der Natur fertig gebildet an vielen Orten der Erde, bald krystallisirt als Eisenglanz, bald derb als Glaskopf, oder strahlig als Blutstein, oder erdig als Eisenrahm. Oft kommt es auch mit Thon gemengt vor, und dann erhält es die Namen: rother Thoneisenstein, Röthel oder Bolus. Wo immer wir rothe Gesteine oder rothe Erdarten antreffen, da können wir auch annehmen, dass das Färbende darin Eisenoxyd sei. Viele der genannten Körper bilden mächtige Lager im Innern der Erde und werden als geschätzte Eisenerze (Rotheisensteine) zum Ausschmelzen von Eisen benutzt.

Eisenoxydhydrat oder Eisenrost ($Fe_2O_3, 3HO$).

387. Eisen und Wasser. *Versuch* a. Man schütte etwas Eisenpulver in ein Trinkglas und giesse letzteres voll Brunnenwasser: das Eisen wird nach und nach seinen Glanz verlieren und eine schwarze Farbe annehmen; es verwandelt sich in Eisenoxyduloxyd. Man wiederhole diesen Versuch mit abgekochtem Wasser; in diesem wird das Eisen seine blanke metallische Beschaffenheit behalten. Der Grund dieses verschiedenen Verhaltens liegt in der Luft und der Kohlensäure, die in jedem Quellwasser vorhanden sind und das Eisen langsam oxydiren. Bei dem Kochen werden diese beiden Gasarten ausgetrieben, daher findet in dem abgekochten Wasser keine Oxydation statt.

Eisenrost. *Versuch* b. Giesst man das Wasser jetzt ab, so dass das Eisen auch mit der Luft in Berührung kommt, so tritt die bekannte Erscheinung des Rostens ein. Hierbei nimmt das Eisen so viel Sauerstoff auf, dass es zu Oxyd wird, ausserdem aber auch noch eine bestimmte Quantität von Wasser (3 Aeq.), welches als die Ursache der gelben Farbe des Rostes anzusehen ist. Der Rost ist also Eisenoxydhydrat. Erhält man das Eisen feucht und rührt es alle Tage einigemal um, so wird es nach einiger Zeit vollständig zu Rost zerfressen sein.

Brauneisensteine. Auch diese Verbindung kommt häufig natürlich vor und wird unter dem Namen Brauneisenstein als ein vorzügliches Eisenerz benutzt. Mit Thon gemengt erhält der Brauneisenstein die Benennungen: brauner Thoneisenstein, Gelbeisenstein, gelber Ocker, gelber Thon oder gelbe Erde. Auch der aus eisenhaltigen Wässern sich ablagernde Raseneisenstein (388) gehört hierher. Die gelbe oder braune Farbe, die wir an so vielen Steinen bemerken, wenn sie an der Luft liegen, die gelbe oder braune Farbe, die unsere Felder, unser Lehm und Sand besitzen, sie rührt immer von Eisenoxydhydrat her. Das Verwittern schwarzer Felsarten zu braunem Gerölle und endlich zu gelber Ackererde wird nun nichts Befremdendes mehr haben: das darin enthaltene schwarze Eisenoxydul oxydirt sich allmälig zu gelbem Eisenoxydhydrat.

Kohlensaures Eisenoxydul (FeO, CO_2).

388. Stahlwasser. *Versuch* a. Von dem erhaltenen Eisenoxyduloxyd schütte man ein wenig in ein Gläschen, fülle das letztere ganz voll mit künstlichem Selterswasser und lasse es wohl verstopft einen Tag stehen. Die weissen Flocken, welche sich auf dem Boden des Gefässes absetzen, sind kohlensaures Eisenoxydulhydrat, welches sich aus dem Eisenoxydul des Hammerschlags und der Kohlensäure des Selterswassers bildete. Das chemisch gebundene Wasser ertheilt hier dem schwarzen Eisenoxydul eine weisse Farbe. Die klare Flüssigkeit enthält auch etwas davon aufgelöst, wie der den Eisenlösungen eigenthümliche tintenartige Geschmack derselben anzeigt; sie ist zu Stahlwasser geworden. Wie hier, so bilden sich auch häufig in der Natur, da wo Quellwässer über eisenoxydulhaltige Gesteine hinwegfliessen, solche Stahlwässer oder Eisensäuerlinge, die vielfach als Heilmittel benutzt werden (Pyrmont, Driburg, Spaa u. a.).

Versuch b. Man giesse etwas von dem klaren eisenhaltigen Wasser in eine Tasse und lasse diese unbedeckt an der Luft stehen: die Oberfläche des Wassers wird sich bald mit einem zarten, weissen Häutchen bedecken, dessen Farbe sich allmälig in Gelb, dann in Orange, Roth und Violett umändert. Zuletzt nimmt dasselbe eine gelbbraune Farbe an und senkt sich als Eisenrost zu Boden. Zuerst entweicht die freie Kohlensäure des Wassers, wodurch dieses die Fähigkeit verliert, das kohlensaure Eisenoxydul aufgelöst zu erhalten. Dann zieht das Eisenoxydul Sauerstoff aus der Luft an und wird zu Eisenoxyduloxyd und endlich zu Eisenoxydhydrat und dabei entweicht auch die gebundene Kohlensäure, da das Eisenoxyd mit dieser keine bestimmte Verbindung eingeht. Ein sehr dünnes Häutchen von Eisenoxyduloxyd wirft das Licht gelb zurück, ein dichteres roth oder braun, ein noch dichteres violett und blau; hierin liegt der Grund des regenbogenartigen Farbenwechsels, den wir häufig auch im Freien auf sumpfigen Wässern recht schön beobachten können. Das unlöslich gewordene Eisenoxydhydrat bildet den lockern, braunen Schlamm, der sich aus solchen Wässern ablagert. Durch Anhäufung dieses Schlammes haben sich an

vielen Orten, in nassen Wiesen und sumpfigen Niederungen, mächtige Lager von Eisenoxydhydrat gebildet, die unter dem Namen Wiesen- oder Sumpferz oder Raseneisenstein zum Eisenschmelzen verwendet werden. Gewöhnlich enthalten diese Erze auch etwas Phosphorsäure.

Spatheisenstein. Auch das kohlensaure Eisenoxydul wird in manchen Ländern in der Form eines hellgrauen, dichten Gesteins in so grosser Menge angetroffen, dass man Eisen daraus gewinnt. Der berühmte steyrische und märkische Stahl wird vorzugsweise aus diesem Erze, das man Spatheisenstein oder Sphärosiderit nennt, dargestellt. Mit Thon gemengt kommt es besonders häufig in Begleitung der Steinkohlen vor, und ein solches Erz ist es, aus dem man das meiste englische Eisen ausschmilzt.

Eisensäure (FeO_3).

389. Ausser dem basischen Eisenoxydul und dem basischen Eisenoxyd bildet das Eisen mit dem Sauerstoff noch eine dritte Verbindung, welche noch einmal so viel Sauerstoff als das Oxyd enthält und saure Eigenschaften besitzt; sie heisst Eisensäure. Man kennt sie bis jetzt nur mit Basen verbunden; scheidet man sie aus einer dieser Verbindungen ab, so zerfällt sie sogleich in Sauerstoff und Eisenoxyd. Am bekanntesten ist das eisensaure Kali, welches man durch Glühen von Eisenoxyd mit Salpeter erhält; dasselbe giebt mit Wasser eine tief kirschrothe Lösung, die sehr leicht Sauerstoff an andere Körper abgiebt und dabei ihre Farbe verliert.

Gusseisen oder Roheisen.

390. Darstellung. Um aus den vorerwähnten Erzen metallisches Eisen zu gewinnen, muss man ihnen den Sauerstoff entziehen. Dies geschieht allgemein durch heftiges Glühen mit Kohle. In der Regel wendet man zum Verschmelzen ein Gemenge von mehreren Erzsorten an, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass dann die Ausschmelzung leichter und vollständiger von Statten geht, als wenn man nur eine einzige Sorte von Eisensteinen anwendet. Auch pflegt man reichere und ärmere Erze

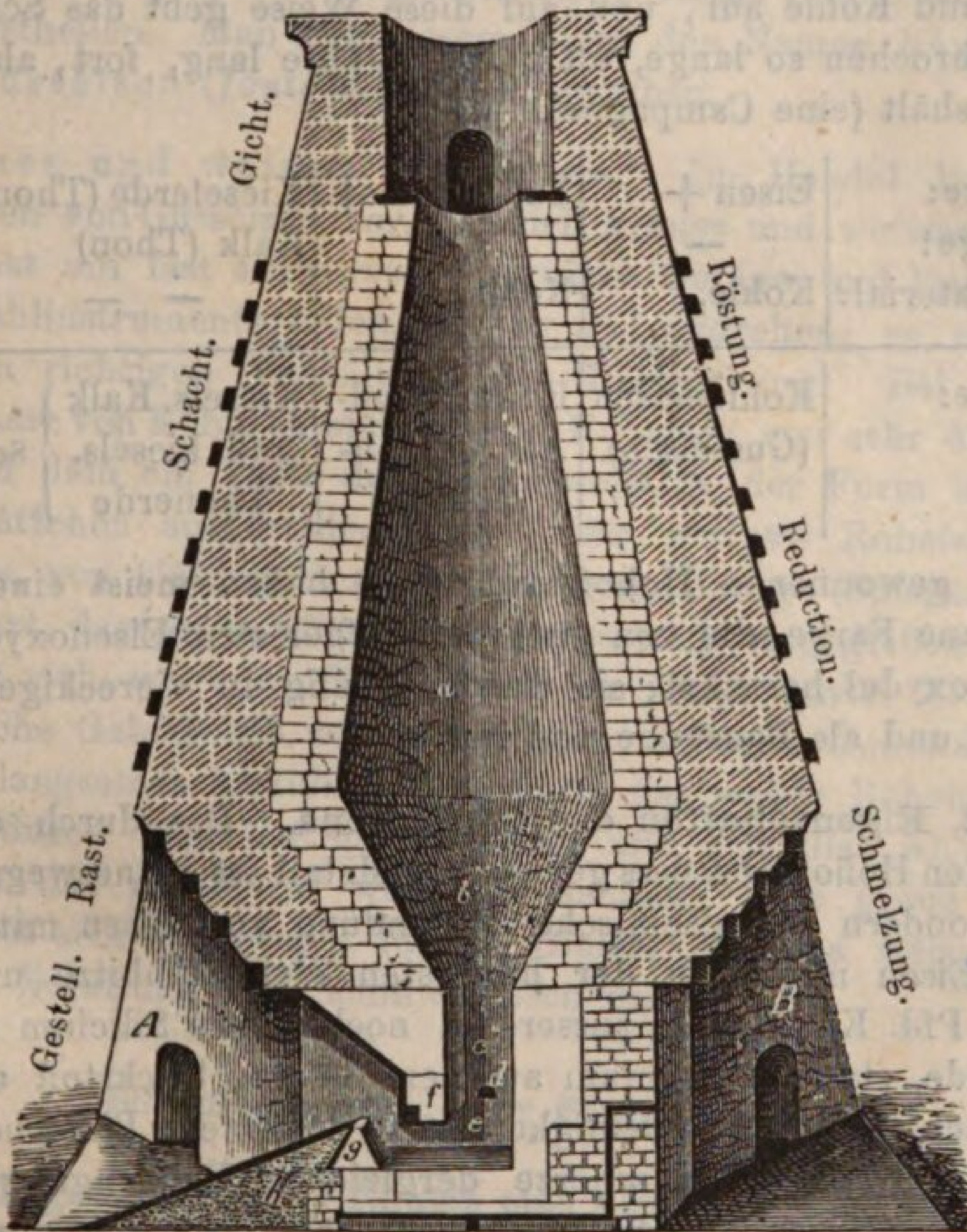
so mit einander zu vermischen, dass ein Gemenge von mittlerer Reichhaltigkeit entsteht (Gattiren der Erze). Erze, welche Kohlensäure, Wasser oder Schwefel enthalten, werden gewöhnlich zuvor in besonderen Oefen zum Glühen erhitzt, um diese flüchtigen Stoffe auszutreiben (Rösten der Erze). Ferner ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Eisenerze, wie sie sich in der Natur vorfinden, nie rein sind, sondern immer fremdartige Beimengungen (Gangart), z. B. Kieselerde, Thon, Kalkerde, Mangan, Phosphor etc., enthalten. Insbesondere ist es die Kieselerde, die den hauptsächlichsten Begleiter der Eisensteine ausmacht. Diese schmilzt auch in dem heftigsten Ofenfeuer nicht, und doch muss sie zum Schmelzen gebracht werden, wenn das Eisen aus den Erzen ausfliessen und als eine zusammenhängende Masse erhalten werden soll. Man erreicht dies durch Zusatz einer Basis, mit der die Kieselsäure sich verbinden kann, gewöhnlich durch Kalk. Es entsteht ein Kalkglas, und wenn zugleich Lehm oder Thon zugegen ist, auch ein Thonglas, welche beide viel leichter schmelzen als diese Stoffe einzeln und als Schlacke abfliessen. Solche Körper, die als Flussmittel wirken, nennt der Hüttenmann Zuschläge, das Gemenge aber aus Erzen und Kalk (Lehm) die Beschickung. Diese wird nun in abwechselnden Schichten mit Holzkohlen oder Coaks in den Hohofen geworfen und in demselben der Schmelzhitze ausgesetzt.

391. Hohofen. Die Einrichtung der grossen Schachtöfen, in denen die Ausschmelzung des Eisens stattfindet, erhellt aus der nachstehenden Zeichnung (Fig. 142).

Der Theil *a* des Ofens heisst der Schacht, der Theil *b* die Rast, der Theil *c* das Gestell und der Theil *e* der Heerd. Die obere Oeffnung des Ofens (die Gicht) dient gleichzeitig zum Einschütten der Erze und Kohlen wie zum Entweichen des Rauches, sie ist also Feuerthür und Schornstein zugleich. In dem höheren Theile des Schachtes kommt die Beschickung bis zum Glühen (Röstung); dabei entweicht zugleich die Kohlensäure des Kalksteins. Weiter unten entzieht die Kohle, sowie die glühenden kohlehaltigen Gase, den Eisenerzen ihren Sauerstoff (Reduction) und entweicht damit als Kohlenoxydgas etc., welches an der Gicht bei Luftzutritt vollends zu Kohlensäure verbrennt und die grosse Flamme (Gichtflamme) veranlasst, die aus der Oeffnung empor-

schlägt. In der unteren Gegend der Rast, da, wo das Gestell anfängt, ist die grösste Gluth, dort schmilzt das reducirte Eisen,

Fig. 142.



verbindet sich sofort mit Kohle und sickert bis auf den Heerd hinab, wo es sich ansammelt; ebenso schmelzen daselbst auch Kieselerde, Kalk und Thon zu **Schlacke** zusammen, die auf dem Eisen schwimmt und bei *i* abgezogen wird. Das geschmolzene Kohleneisen oder Roheisen lässt man von Zeit zu Zeit durch eine kleine Oeffnung, die man in die Seitenwand des Heerdes einbohrt, abfliessen und formt es in Barren (Gänze). Die zum Brennen der Kohlen oder der Coaks nöthige Luft wird, nachdem man sie vorher schon bis auf hundert oder noch mehr Grade erhitzt hat, bei *d* durch grosse Blasebälge oder andere **Gebläsevorrichtungen** in den Ofen getrieben, in dem die Hitze wohl auf

1200 bis 2000° C. steigen mag. In dem Maasse, als die in Gusseisen und Schlacke umgewandelte Beschickung unten entfernt wird, schüttet man oben wieder frische Portionen von Erz, Zuschlag und Kohle auf, und auf diese Weise geht das Schmelzen ununterbrochen so lange, oft 5 bis 6 Jahre lang, fort, als es der Ofen aushält (eine Campagne).

Eisenerze:	Eisen +	Sauerstoff +	Kieselerde (Thon)	
Zuschläge:	—	—	Kalk (Thon)	
Brennmaterial:	Kohle,	Kohle,	— —	
Producte:	Kohleneisen (Gusseisen).	Kohlenoxydgas u. Kohlensäure	Kiesels. Kalk und kiesels. Thonerde	Schlacken.

Die gewonnenen Hohofenschlacken haben meist eine grüne oder blaue Farbe, die von etwas mitaufgelöstem Eisenoxydul und Manganoxydul herrührt; sie werden häufig in viereckige Stücke geformt und als Bausteine verbraucht.

392. Eigenschaften des Gusseisens. Das durch den angegebenen Hohofenprocess gewonnene Metall ist keineswegs reines Eisen, sondern eine chemische Verbindung von Eisen mit Kohle. 1 Ctr. Eisen nimmt in der heftigsten Weissglühhitze ungefähr 4 bis 5 Pfd. Kohle auf; ausserdem noch etwas Silicium aus der Kieselerde, etwas Aluminium aus dem Thone, Stickstoff aus der Luft, auch wohl eine Kleinigkeit von Schwefel, Phosphor, Arsen etc., wenn die Eisenerze dergleichen Beimengungen enthielten. In diesem Zustande zeichnet sich das Eisen durch folgende Eigenschaften aus:

a) Das Gusseisen ist in der Weissglühhitze schmelzbar (Schmiedeeisen und reines Eisen nicht), daher vorzüglich geeignet für eiserne Gegenstände, die sich durch Guss darstellen lassen. Zum Umschmelzen desselben wendet man im Kleinen Graphittiegel, im Grossen aber Schachtöfen, sogenannte Cupolöfen, an.

b) Das Gusseisen ist spröde, nicht schmiedbar und nicht schweissbar (Schmiedeeisen und Stahl lassen sich biegen, schmieden und schweissen). Die Anwendung desselben muss sich daher auf solche Sachen beschränken, welche keine Biegungen oder starke Erschütterungen auszuhalten haben. In neuerer

Zeit hat man jedoch die Erfindung gemacht, dem Gusseisen durch mehrtägiges Glühen mit Hammerschlag oder Spatheisenstein einen gewissen Grad von Biegsamkeit, ja selbst von Schweissbarkeit zu ertheilen. Man hat diesem Eisen den Namen hämmerbares Gusseisen (*fonte malléable*) gegeben.

Graues und weisses Gusseisen. Im Handel kommen zwei Arten von Gusseisen vor, nämlich graues und weisses. Das graue hat ein fast schwarzes, körniges Gefüge und lässt sich durch Stahlinstrumente feilen, bohren und abdrehen; es erzeugt sich beim richtigen Verhältniss der Beschickung. Bei einem Uebermaasse von Kohle entsteht gares Roheisen von sehr dunkler Farbe, in dem ein Theil des Kohlenstoffs in der Form kleiner Graphitblättchen ausgeschieden ist. Das weisse Roheisen ist silberweiss, von blättrigem oder strahligem Gefüge (Spiegeleisen) und so hart, dass es von Stahlwerkzeugen nicht angegriffen wird; es erzeugt sich, wenn im Verhältniss zur Kohle zuviel Erz und zu reichliche Gebläseluft verwendet wird. Durch Umschmelzen und sehr langsames Abkühlen kann man das weisse Roheisen zu grauem, durch sehr heftiges Erhitzen und schnelles Abkühlen umgekehrt das graue zu weissem machen. Das graue Roheisen eignet sich am besten für die Giessereien, das weisse dagegen zur Bereitung von Schmiedeeisen und Stahl.

Schmiedeeisen oder Stabeisen.

393. Eigenschaften. Nimmt man den Kohlenstoff von dem Gusseisen weg, so wird es zu Schmiedeeisen und erlangt dadurch folgende höchst wichtige Eigenschaften:

a) Das Stabeisen ist sehr dehnbar und zähe, so dass es zu Blech ausgehämmert oder gewalzt und zum feinsten Drahte ausgezogen werden kann (Gusseisen nicht).

b) Es wird in der Glühhitze, bevor es schmilzt, erst weich, ähnlich wie Wachs oder Glas, so dass man zwei glühende Stücke davon zu einem einzigen zusammenhämmern kann. Auf dieser Eigenschaft beruht die Schweissbarkeit des Eisens, die wir unter den bekannten Metallen nur noch beim Platin antreffen. Alle anderen Metalle werden plötzlich flüssig, ohne zuvor zu erweichen, ähnlich wie das Eis, wenn es zergeht.

c) Es ist weich genug, um sich mit Stahlinstrumenten bearbeiten zu lassen, und wird auch nicht härter, wenn man es glühend durch Eintauchen in Wasser ablöscht (Stahl wird dadurch spröde).

d) Das Schmiedeeisen unterscheidet sich ferner von dem Gusseisen noch dadurch, dass es ein sehniges oder faseriges Gefüge besitzt, gleichsam als ob es aus lauter mit einander verwachsenen einzelnen Fäden bestände, während das Gusseisen das Ansehen hat, als wäre es eine aus einzelnen Eisenkörnchen zusammengebackene Masse. Höchst auffallend aber ist es, dass das sehnige Schmiedeeisen durch lange anhaltende Stösse oder Schläge, z. B. bei den Wagenachsen, nach und nach körnig und damit brüchig wird; denn wir sehen daraus: dass auch in festen Körpern die Molecüle derselben ihre Stellung gegen einander ändern können, was man früher nur bei flüssigen Körpern für möglich hielt. Durch Ausglühen und Umschmieden erlangt solches Eisen seine frühere Haltbarkeit und Biegsamkeit wie seine faserige Structur wieder.

Ganz frei von Kohlenstoff ist das Schmiedeeisen auch noch nicht, aber es enthält davon im Centner nur noch $1/4$ bis $1/2$ Pfd. Vollkommen kohlenstofffreies Eisen ist noch weicher und zäher als Stabeisen. Kleine Mengen von Phosphor machen das Stabeisen kaltbrüchig, kleine Mengen von Schwefel dagegen rothbrüchig; ersteres zerbricht leicht beim kalten Hämmern, letzteres beim Hämmern in der Glühhitze.

394. Darstellung des Schmiedeeisens. Die Methode, welche man anwendet, um die Kohle aus dem Gusseisen wegzuschaffen und dieses in Schmiedeeisen umzuwandeln, ist sehr einfach: man verbrennt sie nämlich, indem man das Eisen bis zum Schmelzen erhitzt und unter stetem Umrühren Luft darauf strömen lässt, deren Sauerstoff die Kohle zu Kohlenoxydgas oxydirt. Man nennt diese Operation Eisenfrischen und führt sie entweder auf Heerden oder in Flammöfen aus.

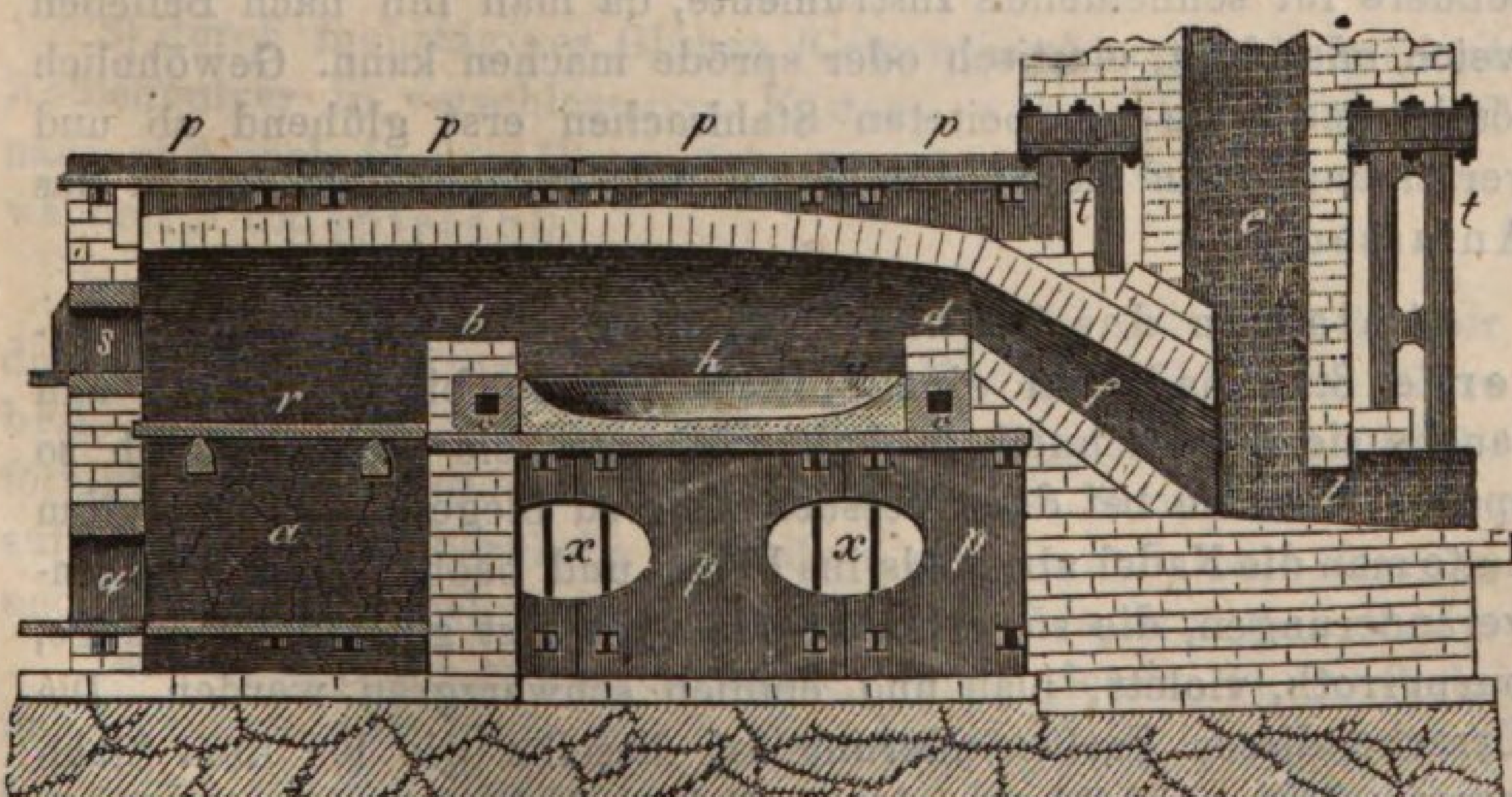
Heerdfrischen. Dieses wird mit Holzkohlen ausgeführt, zwischen denen man das Roheisen auf einem Heerde mit Hülfe eines Gebläses einschmilzt. Die Gebläseluft dient nicht nur zur Hervorbringung der Schmelzhitze, sondern auch zur Verbrennung des Kohlenstoffs im Roheisen. Dabei wird aber auch ein bedeu-

tender Theil des Eisens ($^1/_4$) zu Hammerschlag oxydirt, welcher mit dem Sande, der immer an den Gusseisenstücken hängt oder auch absichtlich auf den Heerd gestreut wird, zu einer schweren schwarzen Schlacke von kieselsaurem Eisenoxyduloxyd (Frischschlacke) zusammenschmilzt; ebenso erfahren auch die anderen Beimengungen des Gusseisens, Kiesel, Phosphor etc., eine Oxydation. Die Eisenmasse wird nach und nach zäher, da das Eisen um so schwerer schmilzt, je weniger es Kohlenstoff enthält, und kommt zuletzt in Gestalt eines lose zusammenhängenden Klumpens (Luppe) unter einen schweren Hammer, der die noch darin vorhandenen Schlackentheile ausquetscht, die Eisenpartikel aber zu einer compacten Masse zusammenschlägt. Aus der letzteren pflegt man nachher gewöhnlich viereckige Stäbe oder Schienen zu hämmern oder zu walzen. Das nachstehende Schema wird den Vorgang noch deutlicher machen.

Gusseisen:	Eisen ($^3/_4$),	Eisen ($^1/_4$),	Kohlenstoff,
Luft:	—	Sauerstoff,	Sauerstoff,
Sand:	—	Kieselsäure,	
Producte:	Schmiedeeisen,	Frischschlacke,	Kohlenoxydgas.

Puddlingsfrischen. Zum Frischen oder Entkohlen von grösseren Eisenmengen wendet man Flammenöfen an, ähnlich

Fig. 143.



wie bei der Sodabereitung. Da bei diesen das Brennmaterial nicht mit dem Eisen selbst in Berührung kommt, so kann man wohlfeilere Brennstoffe, als Holzkohle, z. B. Steinkohlen oder Torf, anwenden, deren Asche nach dem gewöhnlichen Frischverfahren auf dem Heerde, wobei das Eisen unmittelbar in die Kohlen gelegt wird, das Eisen verderben würde. Diese Oefen haben den Namen Puddlingsöfen erhalten, weil das Eisen immer umgerührt (gepuddelt) werden muss.

Stahl.

395. Eigenschaften. Der Stahl steht in der Mitte zwischen dem Guss- und Stabeisen, sowohl in Bezug auf seinen Gehalt an Kohlenstoff als auf seine Eigenschaften.

a. Glühend abgelöscht, wird er äusserst hart und spröde (wie Gusseisen); etwas langsamer abgekühlt, elastisch; bei ganz langsamer Abkühlung endlich bleibt er weich, dehnbar und schweissbar (wie Stabeisen).

b. Er schmilzt schwerer als Gusseisen und leichter als Stabeisen.

c. Er enthält im Centner von 1 bis 1,5 Pfd. Kohlenstoff in chemischer Verbindung.

Durch diese Eigenschaften wird der Stahl zu einem so überaus wichtigen Material für Tausende von Gegenständen, insbesondere für schneidende Instrumente, da man ihn nach Belieben weich oder hart, elastisch oder spröde machen kann. Gewöhnlich löscht man die gearbeiteten Stahlsachen erst glühend ab und vermindert dann die Sprödigkeit und Härte derselben durch das Anlassen.

Anlassen des Stahls. *Versuch.* Man halte eine stählerne Stricknadel in eine Spiritusflamme, bis sie glüht, und tauche sie dann schnell in kaltes Wasser: sie wird dadurch so spröde, dass sie bei dem Versuche, sie zu biegen, zerbricht. Nun halte man die Nadel abermals ins Feuer und beobachte die Farbenveränderungen, die sie erleidet: sie wird erst gelb, dann orange, purpurroth, violett, blau und endlich schwarzgrau werden. Die Ursache dieser Farbenänderung ist dieselbe wie bei dem Stahlwasser (388); es bildet sich nämlich auf dem Stahl ein Oxyd-

häutchen, das im Anfange ganz dünn ist und gelb aussieht, nach und nach aber in dem Maasse dicker und damit dunkelfarbiger wird, als die Erhitzung fortschreitet. Das Endresultat, der schwarzgraue Ueberzug, ist Hammerschlag. Bei dem Stehen des Eisenwassers an der Luft ging die Oxydation noch einen Schritt weiter; dort war das Endproduct ein brauner Körper, Eisenoxydhydrat. Jedem dieser Farbentöne entspricht ein bestimmter Grad von Härte und Elasticität des Stahls, so zwar, dass die Nadel bei der gelben Färbung am härtesten und sprödesten, bei der blauen aber am weichsten und elastischsten ist. Durch das Anlassen geben die Stahlarbeiter ihren Fabrikaten die verschiedenen Abstufungen von Härte und Elasticität; sehr spröde und hart sind Feilen und Rasirmesser, sehr weich und elastisch Sägeblätter, Uhrfedern etc.

396. Darstellung des Stahls. Der Stahl kann auf dreierlei Weise dargestellt werden:

1) durch Frischen von weissem Gusseisen auf Heerden oder in Puddlingsöfen bis zu dem Punkte, wo etwa zwei Drittheile von dem Kohlenstoff desselben verbrannt sind (Roh- oder Frischstahl);

2) durch Einblasen von Luft in geschmolzenes Roheisen, welches sich in einem birnförmigen Gefässe befindet, bis durch deren Sauerstoff die erforderliche Entkohlung des letzteren eingetreten (Bessemerstahl);

3) durch mehrtägiges Glühen (Cementiren) von Stabeisen mit Kohlenpulver in verschlossenen Kästen, wobei der Kohlenstoff nach und nach in das Eisen dringt und dasselbe in Stahl umwandelt (Cementstahl).

Die so gewonnenen Arten von Rohstahl müssen entweder durch vielmaliges Zusammenkneten in glühendem Zustande (Gerben, Gerbstahl) oder durch Umschmelzen (Gussstahl) gleichförmig gemacht werden. Durch Aetzen mit Säuren kann man auf der polirten Oberfläche desselben dunkle und helle Streifen und Figuren hervorbringen (Damasciren des Stahls).

Dass auch Stahl entstehen müsse, wenn gleiche Theile Stab- und Gusseisen aufs Innigste mit einander vereinigt werden, lässt sich schon aus den Bestandtheilen dieser beiden Körper folgern.

Man kann auf diese Weise schmiedeeiserne Gegenstände, z. B. Ackergeräthe, Ketten etc. leicht oberflächlich verstählen, wenn man sie glühend einige Zeit in geschmolzenes Gusseisen taucht. Auf eine noch einfachere Weise lässt sich dieser Zweck durch Aufstreuen von Kaliumeisencyanür (Blutlaugensalz) erreichen.

Eisen und Magnetismus. Eisen, Nickel und Kobalt sind die einzigen Metalle, welche von dem Magnete angezogen werden. In dem Stabeisen verschwindet der Magnetismus sogleich wieder, wenn es von dem Magnete abgenommen ist; der Stahl dagegen hält die magnetische Kraft fest und verliert sie erst durchs Glühen (Stahlmagnete). Das Eisenoxyduloxyd wird seines Oxydulgehalts wegen vom Magnete gleichfalls angezogen, nicht aber das Oxyd.

Feinzertheiltes Eisen.

397. Reduction durch Wasserstoff. *Versuch.* Man schütte etwas Eisenoxyd in ein Probirgläschen, dessen Boden durchbrochen ist, erhitze es durch eine darunter gestellte Weingeistlampe und leite zugleich Wasserstoffgas, welches aus Zink und verdünnter Schwefelsäure entwickelt wird, darüber hinweg: der Wasserstoff bewirkt schon in schwacher Hitze, was die Kohle erst in starker Hitze bewirkt, er entzieht dem Eisenoxyd seinen Sauerstoff und entweicht als Wasserdampf, während das Eisen in höchst fein zertheiltem Zustande, in dem es ein schwarzes, glanzloses Pulver darstellt, zurückbleibt. Schüttet man dieses aus einer gewissen Höhe in ein Porcellanschälchen, so bildet es einen Feuerregen, es zieht in Folge seiner grossen Porosität mit solcher Begierde Sauerstoff aus der Luft an, dass es ins Glühen geräth und wieder zu Oxyd verglimmt.

Fig. 144.



Man nennt solche selbstentzündliche Körper Pyrophore (Feuerträger). Das in höherer Temperatur durch Wasserstoff reducirte Eisen ist nicht pyrophorisch und wird als Arzneimittel benutzt. Diese Reductionsmethode wird in der Chemie häufig benutzt, um Metalle im Kleinen darzustellen.

Eisen und Schwefel.

398. Das Eisen giebt mit dem Schwefel mehrere Verbindungen, von denen die folgenden zwei die bemerkenswerthesten sind:

Einfach-Schwefeleisen oder Eisensulfuret (FeS). *Versuch.* Man erhitze in einem trocknen Probirgläschen ein Gemenge von 2 Grm. Schwefel und 3 Grm. Eisenpulver, bis ein Erglühen eintritt, welches sich schnell über die ganze Masse verbreitet und ein Zusammenschmelzen derselben veranlasst. Nach dem Zerschlagen des Gläschens zeigt sich dessen Inhalt als graulich-bronzefarbenes, krystallinisches, hartes Schwefeleisen. Es ist dieselbe Verbindung, welche bei Versuch 144 auf kaltem Wege als ein schwarzes Pulver gewonnen wurde, und wird, wie diese, zur Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas benutzt (146). Auf nassem Wege erhält man sie als einen grünlich-schwarzen Niederschlag, wenn man die Lösung eines Eisenoxydulsalzes mit Schwefelammonium versetzt. Schwefelwasserstoffwasser bewirkt in Oxydulsalzen keine Aenderung, in Oxydsalzen eine weissliche Trübung von ausgeschiedenem Schwefel, während das Eisenoxyd zu Oxydul reducirt wird.

Bei längerem Liegen an feuchter Luft ziehen beide Bestandtheile des Schwefeleisens Sauerstoff an und verwandeln sich in schwefelsaures Eisenoxydul oder Eisenvitriol. Aus FeS und 4 O werden FeO, SO_3 gebildet.

Doppel-Schwefeleisen oder Eisenbisulfuret (FeS_2). Schwefeleisen mit noch einmal so viel Schwefel als im einfachen, kommt in der Natur in sehr vielen Steinen, unter anderen auch häufig in den Steinkohlen eingesprengt vor und heisst Schwefelkies oder Zweifach-Schwefeleisen. Es hat ganz das Ansehen von Messing und bildet meist würfelförmige Krystalle. Erhitzt

man es in einer Retorte, so destillirt $^1/_3$ seines Schwefels über und eine Verbindung von Einfach-Schwefeleisen mit Anderthalb-Schwefeleisen (Fe_2S_3) bleibt zurück; man kann also Schwefel daraus gewinnen. Aus dem Rückstande bereitet man in den Vitriolwerken Eisenvitriol, indem man ihn in Haufen aufschichtet und mehrere Monate lang an der Luft liegen lässt. Der gebildete Eisenvitriol wird durch Ausziehen der verwitterten Masse mit Wasser und durch Einkochen der erhaltenen Lösung gewonnen. Eine Verbindung von Einfach- und Anderthalb-Schwefeleisen kommt auch natürlich vor und führt den Namen Magnetkies.

Eisen und Säuren.

399. Es ist schon bei 215 die Rede davon gewesen, dass manche Metalle sich nur in verdünnten Säuren auflösen, andere nur in concentrirten, und dass die ersteren den zu ihrer Oxydation erforderlichen Sauerstoff vom Wasser, die letzteren aber von der Säure entnehmen. Das Eisen gehört, nebst dem Mangan, Zink, Kobalt und Nickel in die erstgenannte Classe der Metalle, die man wasserzersetzende oder elektropositive nennt. Aus dem Umstande schon, dass sie bei Gegenwart einer Säure im Stande sind, dem Wasser seinen Sauerstoff zu entziehen, lässt sich abnehmen, dass sie kräftigere chemische Körper sind als die Metalle, welche dies nicht können. Diese Voraussetzung bestätigt sich auch in der That in allen Fällen, die genannten fünf Metalle zeigen zu Sauerstoff, Schwefel, Chlor etc. und ihre Oxyde zu den Säuren eine viel grössere Affinität als die übrigen Metalle und deren Oxyde. Es mag hierbei noch einmal daran erinnert werden, dass in einer Metallauflösung nie mehr ein Metall, sondern immer ein Metallsalz enthalten ist (188).

Das Eisen giebt drei Reihen von Salzen, die Oxyde deselben geben mit Säuren Oxydul- und Oxydsalze, die Eisensäure bildet mit Basen die eisensauren Salze. Die Oxydulsalze sind wasserhaltig bläulich-grün, wasserfrei weiss, meist in Wasser löslich und von süsslich-tintenartigem Geschmack. An feuchten Orten oder in Lösung ziehen sie mit grosser Begierde Sauerstoff an und färben sich hierdurch gelb unter Abscheidung eines gel-

ben basischen Salzes. Die **Oxydsalze** sind wasserhaltig, braungelb oder braunroth und die löslichen haben einen sehr herben, zusammenziehenden Geschmack.

Schwefelsaures Eisenoxydul oder Eisenvitriol ($FeO, SO_3 + 7HO$).

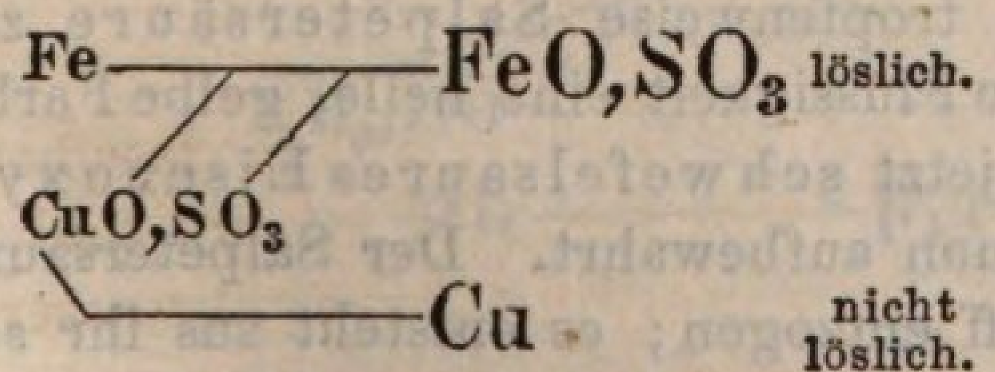
400. Dieses Salz ist das bekannteste Eisensalz, welches, wie im Vorhergehenden gezeigt worden, bereitet werden kann:

a) durch Auflösen von Eisen in verdünnter Schwefelsäure (87. 96. 215);

b) durch Zerlegung des Schwefeleisens mit verdünnter Schwefelsäure (146);

c) durch Verwitterung des Schwefeleisens an feuchter Luft (398). Auf letzterem Wege wird es vielfach in den sogenannten Vitriolsiedereien im Grossen dargestellt. Dasselbe bildet mit 45 Proc. Krystallwasser schiefe rhombische Säulen von blaugrüner Farbe, die im Handel die Namen Eisenvitriol, grüner Vitriol oder Kupferwasser führen und in der Färberei, insbesondere zum Schwarzfärben, zur Bereitung von schwarzer Tinte u. a. viel gebraucht werden. Wie der Eisenvitriol sich in der Hitze verhält, ist bei der Bereitung der rauchenden Schwefelsäure (207) angegeben worden.

Kupferwasser. *Versuch.* Man löse 4 Grm. **Kupfervitriol** in 20 Grm. Wasser und lege in die Lösung ein Stück blankgeputztes **Eisenblech**, das man vorher gewogen hat: die blaue Farbe wird allmälig in eine grünliche übergehen, während das Eisen sich mit einem rothen Ueberzuge von Kupfer bedeckt. Das stärkere Eisen entzieht dem Kupfer den Sauerstoff und die Schwefelsäure und verbindet sich selbst mit beiden. Man erhält etwa 1 Grm. Kupfermetall, wofür sich nahezu 0,9 Grm. Eisen aufgelöst haben. An die Stelle von 1 Aeq. Kupfer (31,7) ist 1 Aeq. Eisen (28) getreten. Der hier stattfindende Vorgang wird eine **Metallreduction auf nassem Wege** genannt. In der über dem Kupfer stehenden Flüssigkeit



ist kein Kupfer mehr aufgelöst, sondern nur Eisenvitriol, den man durch Abdampfen zum Krystallisiren bringen kann. Der unpassende Name Kupferwasser für letzteren erklärt sich hieraus von selbst.

Eisenvitriol an der Luft. *Versuch.* Man lasse eine Lösung von Eisenvitriol längere Zeit an der Luft stehen: sie wird nach und nach eine gelbliche Farbe annehmen und einen braungelben Körper, basisch-schwefelsaures Eisenoxyd, fallen lassen. Alle übrigen Eisenoxydulsalze thun dasselbe, sie ziehen nämlich Sauerstoff aus der Luft an und werden allmälig zu Eisenoxydsalzen. Die vorhandene Säure reicht aber nicht hin, um alles Oxyd aufzulösen, da das Eisenoxyd eine grössere Sättigungscapacität hat, d. h. mehr Säure zu seiner Auflösung braucht als das Eisenoxydul; daher fällt ein Theil des entstandenen Oxyds in Verbindung mit schwefelsaurem Eisenoxyd zu Boden. — Aus demselben Grunde scheidet sich aus den Oxydulsalzen der übrigen Metalle immer Oxyd aus, wenn sie in Oxydsalze umgewandelt werden. Will man in solchen Fällen eine klare Lösung haben, so muss man noch so viel Säure hinzusetzen, als nöthig ist, um das ausgeschiedene basische Salz zu neutralem zu machen.

Schwefelsaures Eisenoxyd ($Fe_2O_3, 3SO_3$).

401. *Versuch.* Schneller und vollständiger als beim letzten Versuche wird das schwefelsaure Eisenoxydul in schwefelsaures Eisenoxyd durch den Sauerstoff der Salpetersäure umgewandelt. Man erhitze in einem Porcellanschälchen 10 Grm. Eisenvitriol, 30 Grm. Wasser und 2 Grm. Schwefelsäure und setze zu der kochenden Lösung so lange tropfenweise Salpetersäure zu, bis die entstandene tintenartige Flüssigkeit eine helle, gelbe Farbe angenommen hat; sie enthält jetzt schwefelsaures Eisenoxyd ($Fe_2O_3, 3SO_3$) aufgelöst, das man aufbewahrt. Der Salpetersäure werden dabei 3 Aeq. Sauerstoff entzogen; es entsteht aus ihr sonach Stickstoffoxyd, welches die Eigenschaft hat, sich in einer Eisenvitriollösung mit schwarzer Farbe aufzulösen. Beim Kochen entweicht das Stickstoffoxyd und wird an der Luft zu salpetriger Säure, wie man an den gelben Dämpfen bemerkt, die während

der Oxydation aus dem Gefässe emporsteigen und nicht eingeathmet werden dürfen.

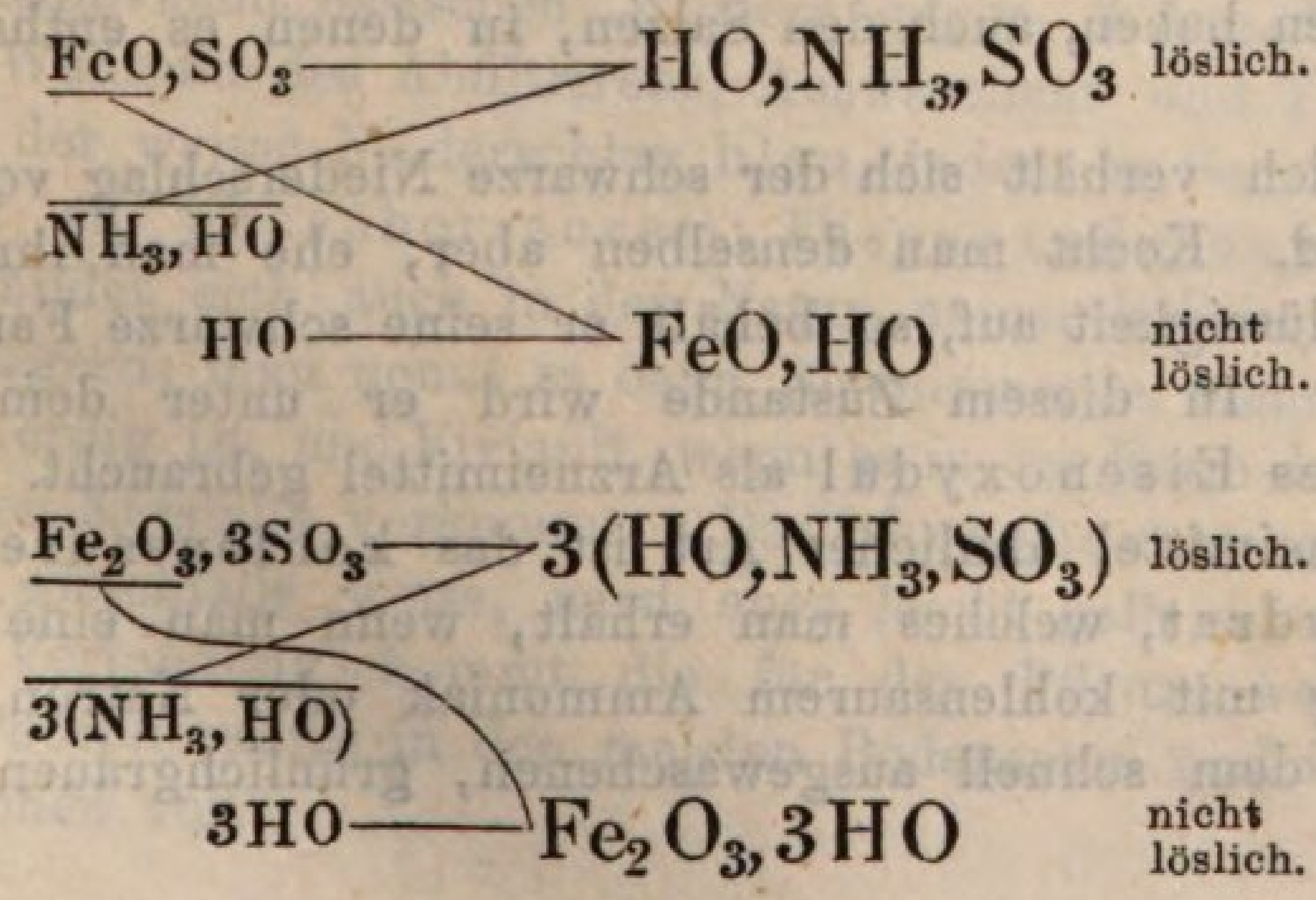
Mischt man eine verdünnte Lösung dieses Salzes mit gebrannter Magnesia zusammen, so erhält man eine braune, trübe Flüssigkeit, in welcher schwefelsaure Magnesia gelöst und Eisenoxydhydrat suspendirt ist. Dieses Gemisch stellt ein kräftiges Gegenmittel bei Arsenikvergiftungen dar (*Antidotum Arsenici*), da das frisch ausgeschiedene Eisenoxydhydrat mit der arsenigen Säure im Magen zu einer unlöslichen Verbindung zusammentritt.

Hydrate der Eisenoxyde.

402. *Versuch.* Man bereite sich 1) eine verdünnte Lösung von Eisenvitriol, 2) eine Mischung aus schwefelsaurer Oxydlösung und Wasser (siehe den vorigen Versuch), und 3) eine Mischung von 1 und 2, und giesse dann zu jeder der drei Flüssigkeiten so lange Salmiakgeist, bis sie deutlich nach Ammoniak riechen: es entsteht in der

1.	2.	3.
Eisenoxydul-lösung	Eisenoxyd-lösung	Eisenoxydul-oxydlösung
ein weissgrünlicher Niederschlag von Eisenoxydul-hydrat;	ein braungelber Niederschlag von Eisenoxyd-hydrat;	ein schwarzer Niederschlag von Eisenoxydul-oxydhydrat.

Das Ammoniak ist eine stärkere Basis als das Eisenoxydul oder Eisenoxyd, es entzieht deshalb den letzteren ihre Schwefel-



säure und die Oxyde müssen niederfallen, da sie, wie fast alle Metalloxyde, in Wasser unlöslich sind. Treffen die Metalloxyde in dem Augenblicke, wo sie aus einer Verbindung ausgeschieden werden, mit Wasser zusammen, so verbinden sie sich gern mit demselben zu Hydraten. Hierin liegt der Grund, warum die auf nassem Wege dargestellten Metalloxyde oft eine ganz andere Farbe haben als die auf trocknem Wege (durch Glühen) gewonnenen. Erhitzt man die Hydrate, so geht das Wasser fort und die Oxyde erscheinen nun in ihrer eigenthümlichen Farbe. Recht deutlich kann man diese Farbenumwandlung an den bekannten Mauerziegeln sehen; ungebrannt, als sogenannte Lehmziegel, haben diese eine gelbe Farbe, die von Eisenoxydhydrat herrührt; gebrannt sind sie roth, weil in der Hitze das Hydratwasser ausgetrieben wird und dadurch Eisenoxyd entsteht, welches eine rothe Farbe besitzt. In der Färberei erzeugt man durch Eisenoxydhydrat, das sich mit der Faser der Leinwand und des Kattuns fest verbindet, gelbe und braune Farben, die, wie die Eisen- und Tintenflecke, durch Oxalsäure wieder gelöst und entfernt werden können (262).

Affinität zum Sauerstoff. Filtrirt man die oben erhaltenen Niederschläge ab, so bemerkt man bei dem ersten, dem Eisenoxydulhydrat, bald eine auffallende Veränderung, er wird nämlich dunkelgrün, dann schwarz (Eisenoxyduloxydhydrat), endlich braun (Eisenoxydhydrat), indem er Sauerstoff absorbirt. Es ist, wie schon erwähnt, eine der wichtigsten Eigenschaften des Eisenoxyduls, dass es sich mit grosser Begierde noch mit mehr Sauerstoff verbindet, eine Eigenschaft, die es, wie wir gesehen haben, auch den Salzen, in denen es enthalten ist, mittheilt.

Aehnlich verhält sich der schwarze Niederschlag von Eisenoxyduloxyd. Kocht man denselben aber, ehe man ihn filtrirt, mit der Flüssigkeit auf, so behält er seine schwarze Farbe beim Trocknen. In diesem Zustande wird er unter dem Namen schwarzes Eisenoxydul als Arzneimittel gebraucht. Ein anderes Arzneimittel ähnlicher Art ist das kohlensaure Eisenoxydulhydrat, welches man erhält, wenn man eine Eisenvitriollösung mit kohlensaurem Ammoniak oder Natron zerlegt. Man setzt dem schnell ausgewaschenen, grünlichgrauen Nieder-

schlage vor dem Trocknen etwas Zucker zu und vermindert dadurch die Neigung desselben, Sauerstoff anzuziehen.

Eisen und Salpetersäure.

403. Von sehr verdünnter, kalter Salpetersäure wird das Eisen zu grünlichem salpetersauren Eisenoxydul (FeO,NO_5) aufgelöst; auch bildet sich hierbei zugleich salpetersaures Ammon, wozu das Wasser den Wasserstoff liefert. Wirft man in stärkere Salpetersäure so lange Eisenfeilspäne, als sie aufgelöst werden, so entsteht durch den Sauerstoff der Salpetersäure eine braune Lösung von salpetersaurem Eisenoxyd ($Fe_2O_3, 3NO_5$), welche unter dem Namen „Eisenbeize" in der Färberei benutzt wird.

Tröpfelt man einen Tropfen Scheidewasser auf Gusseisen, Stahl und Stabeisen, so entstehen schwarze Flecken, weil das Eisen, nicht aber der Kohlenstoff, sich auflöst; beim Gusseisen ist der Fleck am dunkelsten, beim Stabeisen am hellsten. Um ungefähr zu ermitteln, wie viel eine Eisensorte Kohlenstoff enthalte, braucht man daher nur eine gewogene Menge davon in stark verdünnter Salpetersäure zu lösen und die zurückbleibende Kohle zu wägen.

Eisen und Phosphorsäure.

404. Phosphorsaures Eisenoxydul ($3FeO, PO_5$) erhält man als weissen Niederschlag, wenn man eine Lösung von Eisenvitriol mit einer Lösung des gewöhnlichen, dreibasischen phosphorsauren Natrons vermischt. Es tauschen sich dann die 2 Aeq. Natron und das Aequivalent basischen Wassers gegen 3 Aeq. Eisenoxydul aus. Während des Abfiltrirens, Auswaschens und Trocknens färbt sich der weisse Niederschlag blau, indem er Sauerstoff anzieht und zu phosphorsaurem Eisenoxyduloxyd wird. Letzteres bildet sich auch in der Natur, namentlich in Sümpfen und Torflagern; man nennt es dann Blaueisenerde, wenn es pulverig und erdig ist, und Vivianit, wenn es in der Form durchsichtiger blauer Krystalle vorkommt. Das phosphorsaure Eisenoxyd ist gleichfalls weiss, wird aber leicht gelb oder braun; in dieser Verbindung kommt die für das Pflanzenwachsthum wichtige Phosphorsäure in den meisten Bodenarten und in vielen Pflanzenaschen vor.

Gerbsaures Eisenoxyd.

405. *Versuch.* Uebergiesst man einen zerklopften Gallapfel mit Weingeist, so erhält der letztere nach einigen Tagen eine braungelbe Farbe und einen sehr zusammenziehenden Geschmack. In der Flüssigkeit — man nennt sie Galläpfeltinctur — sind, ausser mehreren anderen Stoffen, zwei organische Säuren, Gerbsäure oder Gerbstoff und Gallussäure, aufgelöst. Von dieser Tinctur giesse man etwas zu einer Lösung von Eisenvitriol, wie gleichfalls zu einer Mischung aus Wasser und schwefelsaurem Eisenoxyd: in der ersteren wird sich ein hellfarbiger Niederschlag bilden, der bald eine violette, endlich eine schwarze Farbe annimmt; in der zweiten Flüssigkeit dagegen wird sogleich eine schwarze Färbung und bei ruhigem Stehen ein schwarzer Niederschlag entstehen; derselbe ist der Hauptsache nach gerbsaures und gallussaures Eisenoxyd. Die Galläpfeltinctur wird dieses Verhaltens wegen als ein Reagens zur Erkennung des Eisens in seinen Lösungen benutzt.

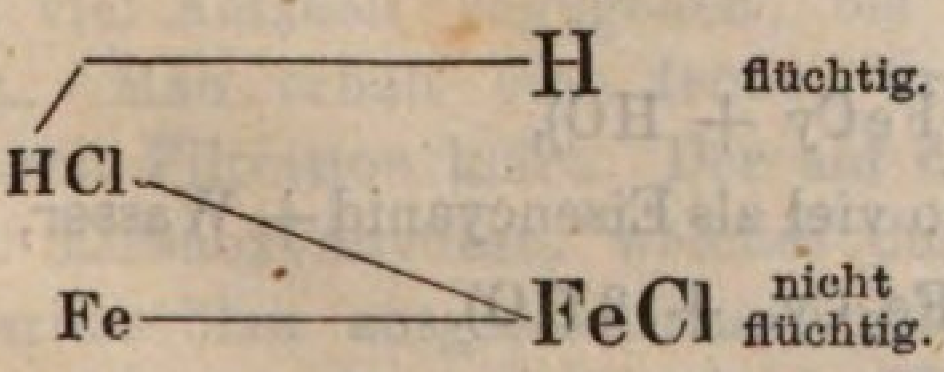
Tinte und Schwarzfärben. Setzt man zu dem in der Flüssigkeit suspendirten schwarzen Niederschlage Gummi oder Zucker hinzu, wodurch eine schleimige Flüssigkeit gebildet wird, aus der sich das gallus- und gerbsaure Eisenoxyd nur äusserst langsam zu Boden senkt, so hat man gewöhnliche Tinte. Die Verbindung des Eisenoxyduls mit der Gerbsäure und Gallussäure ist nicht schwarz, sie wird es aber beim Stehen an der Luft, weil sich dann das Oxydul in Oxyd verwandelt. Hieraus erklärt sich die blasse Farbe der frischen Tinte und das Nachdunkeln derselben auf dem Papiere. Taucht man ein Leinwandläppchen erst in Galläpfeltinctur und dann in Eisenlösung, so bildet sich der schwarze Niederschlag in der Faser selbst und haftet dann so fest, dass er nicht wieder ausgewaschen werden kann. Auf diese Weise färbt man allgemein Zeuge, Leder, Haare etc. schwarz oder grau, und deswegen haben die Eisensalze, und zwar vorzüglich der Eisenvitriol, eine so grosse Anwendung in der Färberei und Druckerei gefunden.

Essigsaures Eisenoxyd.

406. Diese Verbindung kann direct durch Auflösen von frisch niedergeschlagenem, noch feuchtem Eisenoxydhydrat in Essigsäure erhalten werden. Mit Weingeist und Aether versetzt, entsteht daraus die als Arzneimittel wichtige Klaproth'sche Eisentinctur. Wenn der Schuhmacher Bier auf eiserne Nägel giesst, um sich die Eisenschwärze, mit der er sein Leder schwarz macht, zu bereiten, so bekommt er auch essigsaures Eisenoxyd, denn das Bier wird an der Luft zu Essig, das Eisen zu Oxyd. Das Leder ist eine Verbindung der Haut mit Gerbsäure, trifft die letztere mit Eisenoxyd zusammen, so muss sich schwarzes gerbsaures Eisenoxyd (Tinte) bilden. Für die Färberei stellt man sich jetzt sehr häufig eine Eisenbeize durch Auflösen von gerostetem Eisen in Holzessig dar (holzessigsaures Eisen).

Eisen + Chlor und Jod.

407. Eisenchlorür ($FeCl + 4HO$), ein grünes, dem Eisenvitriol ähnliches, leichtlösliches Salz, entsteht, wenn man Eisen in Salzsäure auflöst, während der Wasserstoff der Salzsäure in Gasform entweicht (242); in wasserfreiem Zustande bildet es eine



weisse Masse. Eisenchlorid (Fe_2Cl_3) erhält man durch Auflösen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat in Salzsäure, oder aber durch Zusatz von Chlorwasser zu Eisenchlorür (243). Es stellt eine schwarzbraune, hygroskopische Masse dar, die sich in Wasser zu einer gelben Flüssigkeit auflöst. Im Handel kommt es auch sublimirt vor und erscheint dann in der Form von grauschwarzen, metallisch glänzenden Flittern. Sonst sah man das Eisenchlorür als salzsaures Eisenoxydul, das Eisenchlorid als salzsaures Eisenoxyd an.

Eisenjodür ($FeJ + 4HO$) erhält man als eine grünliche Lösung, wenn man Eisenpulver und Jod mit Wasser einige Zeit stehen lässt. Die Lösung giebt mit Zucker den als Heilmittel beliebten Jodeisensyrup.

Eisen und Cyan.

Wie Chlor sich mit Eisen verbindet, so kann auch das Cyan Verbindungen mit dem Eisen eingehen. Zwei derselben, das Berlinerblau und das gelbe blausaure Eisenkali, haben eine sehr grosse technische Wichtigkeit erlangt.

Eisencyanürcyanid oder Berlinerblau ($3\,FeCy, 2\,Fe_2Cy_3$).

408. Das Cyan vereinigt sich mit dem Eisen und anderen Metallen sehr gern zu Doppelverbindungen. Am bekanntesten ist die unlösliche, schwarzblaue Verbindung, welche in reinem Zustande als Pariserblau, in Vermischung mit Thonerde, Thon, Stärke etc. in helleren Nüancen als Berlinerblau oder Mineralblau im Handel vorkommt. Dieselbe ist eine Doppelverbindung von Eisencyanür und Eisencyanid, gleichsam Eisenoxyduloxyd in dem Cyan an die Stelle des Sauerstoffs getreten ist. Um sich die Zusammensetzung derselben leicht einzuprägen, kann man sie sich als blausauren Hammerschlag oder blausaures Eisenoxyduloxyd vorstellen. Beide Betrachtungsweisen stehen im besten Einklange mit einander,

denn blausaures Eisenoxydul ist so viel als Eisencyanür + Wasser,

$$(FeO + HCy = FeCy + HO),$$

und blausaures Eisenoxyd ist so viel als Eisencyanid + Wasser,

$$(Fe_2O_3 + 3\,HCy = Fe_2Cy_3 + 3\,HO).$$

Das Berlinerblau ist wegen seiner herrlichen Farbe nicht nur eine wichtige Anstrichfarbe (Deckfarbe) für Holz, Papier etc. geworden, sondern es gehört auch zu den wichtigsten Pigmenten, um damit Tuch, Kattun, Seide etc. blau zu färben. Die damit dargestellte Farbe wird in den Färbereien, zum Unterschiede von dem Indigblau, Kaliblau genannt. Die Bereitung desselben wird später in Nr. 410 gelehrt werden. Das Berlinerblau ist nicht giftig, obwohl es Cyan enthält. Aehnliche Widersprüche finden sich oft bei chemischen Verbindungen; bald entsteht aus unschädlichen Körpern eine giftige Verbindung, bald aus giftigen Körpern eine unschädliche. Man kann also aus den

Bestandtheilen eines Körpers allein nicht immer einen Schluss auf seine medicinische Wirkung machen.

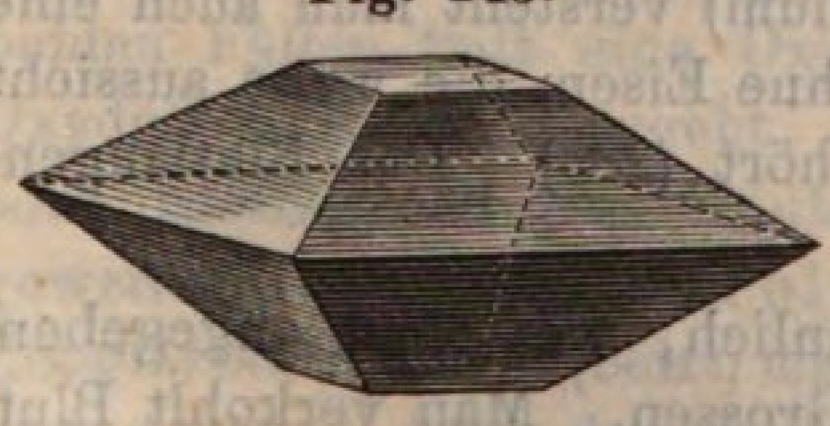
Versuch a. Man reibe 3 Grm. Pariserblau (reines Berlinerblau) und ½ Grm. Oxalsäure mit Wasser zusammen: die in Wasser unlösliche Farbe wird durch die Oxalsäure löslich gemacht und man erhält eine blaue Flüssigkeit, die, mit etwas Gummi arabicum verdickt, als blaue Tinte benutzt werden kann.

Versuch b. Erhitzt man ein Stückchen Berlinerblau auf Kohle durch die Löthrohrflamme, so erzeugt sich ein brenzlicher Geruch, das Cyan verbrennt (aus C_2N wird durch den Sauerstoff der Luft $2\,CO_2$ und N) und man behält endlich nur einen braunrothen Rückstand von Eisenoxyd. Die meisten Verbindungen des Cyans werden auf ähnliche Weise durch Glühen zerlegt.

Kaliumeisencyanür (Ferrocyankalium) oder gelbes Blutlaugensalz ($2\,KCy, FeCy + 3\,HO$).

409 **Bereitung.** *Versuch.* 20 Grm. feingeriebenes Berlinerblau werden mit der sechsfachen Wassermenge bis zum Kochen erhitzt und zu der Mischung während des Kochens nach und nach so viel Aetzkali zugegeben, bis die blaue Farbe verschwunden ist. Man erhält eine trübe, braungelbe Flüssigkeit, die man durch Filtration klärt. Der auf dem Filtrum bleibende Schlamm ist Eisenoxydhydrat, welches durch das stärkere Kali aus dem Berlinerblau ausgeschieden wurde. Aus der gelblichen, klaren Flüssigkeit setzen sich beim Erkalten gelbe, tafelförmige Krystalle (abgestumpfte Quadratoctaëder) ab, die im gewöhnlichen Leben gelbes blausaures Kali, in der wissenschaftlichen Sprache Kaliumeisencyanür genannt werden. Dieses Doppelsalz hat sich auf folgende Weise gebildet:

Fig. 145.



Berlinerblau:	Eisen mit mehr Cyan + Eisen mit weniger Cyan,
Kali:	Sauerstoff und Kalium,
Wasser:	Wasser,
Producte:	Eisenoxydhydrat, Cyankalium + Eisencyanür
	(unlöslich) (löslich)

Das Kalium des Kalis tritt, wie man sieht, an die Stelle des Eisens in dem Eisencyanid und bildet Cyankalium, welches mit dem unzersetzt gebliebenen Eisencyanür ein Doppelsalz bildet. Der Sauerstoff des Kalis geht an das in Freiheit gesetzte Eisen und verwandelt es in Eisenoxyd. Hiernach haben wir in dem gelben Salze Kalium und Eisen, beide mit Cyan vereinigt. Bei Anwesenheit von Wasser kann man das Cyankalium auch als blausaures Kali, das Eisencyanür aber als blausaures Eisenoxydul, das ganze Salz also als eine Verbindung von Kali und Eisenoxydul mit Blausäure ansehen. Ist dem also, dann muss aus demselben durch eine stärkere Säure die Blausäure ausgetrieben werden können. Dies geschieht in der That, denn man bereitet sich die Blausäure gewöhnlich aus diesem Salze, indem man dasselbe mit Schwefelsäure oder Phosphorsäure und etwas Wasser übergiesst und destillirt.

Bereitung aus Blut. Kocht man Blut und Kalilauge bis zur Trockne ein und glüht die übriggebliebene Masse, so erhält man aus der letzteren durch Ausziehen mit Wasser gleichfalls eine Auflösung von Kaliumeisencyanür. So gewann man dieses Salz früher, und daher kommt der Name Blutlaugensalz für dasselbe. Dieser Name verdient den Vorzug vor den übrigen, weil er nicht so leicht zu Verwechselungen Veranlassung geben kann, wie die Benennungen blausaures Kali und Cyaneisenkalium; denn unter blausaurem Kali (Cyankalium) versteht man auch eine Verbindung aus Kalium und Cyan, ohne Eisen, die weiss aussieht und zu den heftigsten Giften gehört (283). Das Blutlaugensalz ist nicht giftig.

Bereitung im Grossen. Aehnlich, wie oben angegeben, bereitet man das Blutlaugensalz im Grossen. Man verkohlt Blut, Hornspäne, Leder oder andere thierische Abfälle (am besten durch trockne Destillation, um Ammoniak als Nebenproduct zu gewinnen [323]), mengt dann die erhaltene Kohle mit Pottasche und Eisen, und erhitzt das Gemenge in Flammenöfen bis zum

Schmelzen. In der Thierkohle ist noch Stickstoff enthalten, der beim Glühen mit einer starken Basis sich mit Kohlenstoff zu Cyan vereinigt, welches letztere dann mit dem ebenfalls durch die Kohle reducirten Kalium der Pottasche zu Cyankalium zusammentritt. Beim Auflösen der geschmolzenen Masse (Schmelze) in Wasser giebt ein Theil dieses Salzes sein Cyan an Eisen ab, wodurch Blutlaugensalz (und Aetzkali) entsteht, welches nach hinlänglichem Abdampfen aus der Flüssigkeit herauskrystallisirt. In neuerer Zeit ist es gelungen, den Stickstoff der Luft zur Cyanbildung zu benutzen, wodurch die thierischen Stoffe zur Bereitung von Blutlaugensalz ganz entbehrlich werden würden.

Versuche mit Blutlaugensalz.

410. Eisenoxydsalze und Blutlaugensalz. *Versuch* a. Man vermische eine Lösung von Blutlaugensalz mit schwefelsaurem Eisenoxyd: es entsteht ein tiefblauer Niederschlag von Berlinerblau, denn aus

Blutlaugensalz: Eisencyanür + Cyankalium, und
Schwefels. Eisenoxyd: — — Eisen, Sauerstoff u. Schwefelsäure

entsteht: Eisencyanür + Eisencyanid (unlöslich) u. schwefels. Kali (löslich)

Eisenoxydulsalze und Blutlaugensalz. *Versuch* b. Man vermische eine Lösung von Blutlaugensalz mit einer Eisenvitriollösung: es entsteht ein hellblauer Niederschlag (blausaures Eisenoxydul oder Eisencyanür). Die Hälfte der Flüssigkeit wird hingestellt und öfters umgerührt: die helle Farbe des Niederschlages geht nach und nach in eine dunkelblaue über. Schneller geschieht dies, wenn man die andere Hälfte noch einmal erhitzt und mit einigen Tropfen Salpetersäure versetzt. In beiden Fällen tritt eine Oxydation ein, wodurch ein Theil des Oxyduls in Oxyd übergeht, so dass blausaures Eisenoxyduloxyd oder Eisencyanürcyanid entsteht. Beide Methoden werden angewendet, um Berlinerblau im Grossen darzustellen. In der Zeugfärberei tränkt (beizt) man die Waare erst mit der Eisenlösung und zieht sie dann durch eine heisse und ein wenig angesäuerte Auflösung von Blutlaugensalz (Reagens auf Eisenoxydsalze).

Kupfersalze und Blutlaugensalz. *Versuch* c. Zu einer sehr verdünnten Lösung von Kupfervitriol tröpfle man aufgelöstes

Blutlaugensalz: man erhält einen kupferrothen Niederschlag von Kupfereisencyanür. Das Kupfer giebt den Sauerstoff und die Schwefelsäure, womit es im Kupfervitriol verbunden ist, an das Kalium des Blutlaugensalzes ab; das auf diese Weise gebildete schwefelsaure Kali bleibt in der Flüssigkeit gelöst. Dies ist die genaueste Probe, um die Gegenwart von Kupfer in einer Flüssigkeit zu entdecken. Die meisten basischen Elemente gehen, wie hier das Kupfer, mit dem Eisencyanür Doppelverbindungen ein.

Stahl durch Blutlaugensalz. *Versuch* d. Wird ein Stückchen glühendes Eisenblech mit gestossenem Blutlaugensalz bestreut und nachher in Wasser abgelöscht, so erlangt es eine so grosse Härte, dass es sich nicht mehr feilen lässt; es bildet sich nämlich durch den Kohlenstoff des Cyans eine Stahlkruste auf dem Eisen. Diese einfache Verstählungsmethode ist besonders geeignet, um den eisernen Ackergeräthschaften, Werkzeugen u. a. eine grössere Härte und Dauer zu geben.

Kaliumeisencyanid (Ferridcyankalium) oder rothes Blutlaugensalz ($3 KCy, Fe_2 Cy_3$).

411. Leitet man durch eine kalte Lösung von Kaliumeisencyanür so lange Chlor, bis diesem Salze $1/4$ seines Kaliumgehaltes entzogen ist, so erhält man beim Verdunsten der Lösung gelbrothe, säulenförmige Krystalle von Kaliumeisencyanid. Das hierbei in Freiheit gesetzte Cyan tritt an das Eisencyanür und macht dasselbe zu Eisencyanid. Dieses Salz giebt mit den Eisenoxydulsalzen einen tiefblauen Niederschlag (mit den Eisenoxydsalzen gar keinen) und wird daher, ausser zum Blaufärben (*bleu français*), auch als Reagens auf Eisenoxydulsalze und zum Unterscheiden dieser von den Eisenoxydsalzen gebraucht.

Systematische Zusammenstellung der Eisenverbindungen.

Eisen.

Kohleneisen.

a) Stabeisen (Eisen + $1/2$ Proc. Kohlenstoff),
b) Gusseisen (Eisen + 4 bis 5 Proc. Kohlenstoff),
c) Stahl, ein Gemenge von beiden.

Schwefeleisen.

a) Einfach-Schwefeleisen, schwarz,
b) Zweifach- „ gelb,
b) $1\frac{1}{2}$fach- „ braungelb, ein Gemenge von beiden.

Eisenoxyde.

a) Eisenoxydul, schwarz,
Eisenoxydulhydrat, weiss,
b) Eisenoxyd, braunroth,
Eisenoxydhydrat, braungelb,
c) Eisenoxyduloxyd, schwarz, ein Gemenge von beiden.
d) Eisensäure (nur in Verbindung mit Basen bekannt).

Eisensalze.

a) **Sauerstoffsalze.**

Oxydulsalze. (meist grün)	Oxydsalze. (meist braun)
Schwefels. Eisenoxydul,	Schwefelsaures Eisenoxyd,
Salpetersaures „	Salpetersaures „
Kohlensaures „	Gerbsaures „
Essigsaures „	Essigsaures „
Phosphorsaures „	Phosphorsaures „

b) **Haloidsalze.**

Eisenchlorür,	Eisenchlorid,
Kaliumeisencyanür (gelb),	Kaliumeisencyanid (roth),
Kupfereisencyanür (roth).	Eisencyanürcyanid (blau).

Mangan (Mn).

(Aeq.-Gew. = 27,5 [Braunsteinmetall]. — Specif. Gew. = 8.)

— 1780 von Gahn entdeckt; Braunstein 1744 von Scheele als Metalloxyd erkannt. —

Manganüberoxyd oder Braunstein (MnO_2).

412. Mit diesem stahlgrauen, glänzenden Erze, welches besonders auf dem Harze und in Thüringen gebrochen wird und den mineralogischen Namen Psilomelan oder Weichmanganerz erhalten hat, sind im Vorigen bereits mehrfache Versuche angestellt worden; wir benutzten es namentlich zur Sauerstoff- und zur Chlorbereitung. Es ist eine der wenigen Sauerstoffverbindun-

gen, die man Ueberoxyde oder Superoxyde nennt, weil sie gleichsam überflüssigen Sauerstoff enthalten, den sie beim Glühen oder beim Erhitzen mit einer starken Säure zum Theil entweichen lassen.

100 Pfd. Braunstein enthalten reichlich . . 36 Pfd. Sauerstoff
Diese geben ab:
a) bei gelindem Glühen $^1/_4$ oder. . . 9 „ „
übrig bleibt Manganoxyd;
b) bei starkem Glühen $^1/_3$ oder . . . 12 „ „
übrig bleibt Manganoxyduloxyd;
c) beim Erhitzen mit Schwefelsäure
$^1/_2$ oder 18 „ „
übrig bleibt Manganoxydul.

Der Chemiker hat deshalb in dem Braunstein ein treffliches Mittel, um andere Körper mit Sauerstoff zu verbinden, wie wir bei der Chlorbereitung gesehen haben, wo der Sauerstoff des Braunsteins den Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser oxydirte und dadurch das Chlor der letzteren in Freiheit setzte.

Glasmacherseife. Die Glasmacher werfen oft Braunstein ins geschmolzene Glas, um aus dem schwarzen oder dunkelgrünen Bouteillenglase gelbes oder orangefarbenes zu machen, welches man lieber hat als das dunkle. Auch hierbei wird durch den Braunstein eine Oxydation bewirkt. Was die Glasmasse dunkel färbt, ist Eisenoxydul und feinzertheilte Kohle; diese erhalten Sauerstoff vom Braunstein und werden zu Eisenoxyd, welches die Glasflüsse gelb oder braun färbt, und zu Kohlenoxyd, welches entweicht. Wegen dieser Wirkung, die indess auch in einer „Farbenergänzung“ ihren Grund haben kann, nennen die Glasbläser den Braunstein Glasmacherseife. Kleine Mengen davon, zu weissem Glase gesetzt, geben diesem durch das erzeugte Manganoxyduloxyd eine violette Farbe; auf diese Art bereitet man sich künstliche Amethyste.

Braunsteinglasur. *Versuch.* Man menge 4 Grm. Bleiglätte, 4 Grm. Lehm und 1 Grm. feingeriebenen Braunstein mit Wasser, so dass daraus ein dünner Brei entsteht, mit dem man ein Dachziegelstück begiesst. Legt man das letztere zwischen glühende Kohlen, oder erhitzt es an einer Stelle stark mit der

Löthrohrflamme, so schmilzt die Masse und bildet nach dem Erkalten einen glänzenden, schwarzen, bei weniger Braunstein einen braunen Ueberzug. So stellen sich die Töpfer ihre braune und schwarze Glasur dar, und hierin ist der Grund zu suchen, weshalb man dem Manganüberoxyd den Namen Braunstein gegeben hat.

Prüfung des Braunsteins. Bringt man Braunstein mit Oxalsäure, nebst etwas Wasser und Schwefelsäure zusammen, so wird dieselbe durch den Sauerstoff des Braunsteins in Kohlensäure umgewandelt, welche entweicht; man kann auf diese Weise durch den eintretenden Gewichtsverlust die Güte des Braunsteins bestimmen. Andere Prüfungsmethoden beruhen auf der Chlorentwicklung aus Salzsäure, welche durch eine bestimmte Menge von Braunstein hervorgerufen wird.

Mangan und Sauerstoff.

413. Das Manganmetall ist röthlich grau, sehr hart und spröde und gehört zu den strengflüssigsten Körpern. Man erhält es im Kleinen durch Erhitzen von Manganoxyd und reiner Kohle in einem Kalktiegel im heftigsten Gebläsefeuer. An der Luft und im Wasser zieht es bald wieder Sauerstoff an und zerfällt dabei zu schwarzem, pulverigem Oxyd.

Sehr charakteristisch für das Mangan ist seine grosse Verbindungsfähigkeit. So giebt dasselbe mit dem Sauerstoff fünf Oxydationsstufen, in denen sich die Sauerstoffmengen wie $1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 3 : 3\frac{1}{2}$ verhalten.

Es können sich 27,5 Pfd. oder 1 Aeq. Mn verbinden:

mit 8 Pfd.	oder	1 Aeq.	O zu	Manganoxydul . .	$= MnO$;
„ 12 „	„	$1\frac{1}{2}$ „	O „	Manganoxyd . . .	$= MnO_{1\frac{1}{2}} (Mn_2O_3)$;
„ 16 „	„	2 „	O „	Manganüberoxyd .	$= MnO_2$;
„ 24 „	„	3 „	O „	Mangansäure . .	$= MnO_3$;
„ 28 „	„	$3\frac{1}{2}$ „	O „	Uebermangansäure	$= MnO_{3\frac{1}{2}} (Mn_2O_7)$.

Die geringeren Mengen Sauerstoff ertheilen den Oxyden basische Eigenschaften, die grösseren Mengen saure; das mittlere Ueberoxyd ist indifferent, weder sauer noch basisch. Welche grosse Armee von Salzen, dieser Doppelnatur zufolge, durch

das Mangan allein ins Feld gerufen werden kann, davon erhält man eine Idee, wenn man bedenkt, dass es als Oxydul und Oxyd sich nicht nur mit allen Säuren, sondern auch als Mangansäure und Uebermangansäure mit allen Basen zu besonderen Salzen zu vereinigen vermag.

Manganoxydul und dessen Salze.

414. Braunstein und Schwefelsäure. *Versuch.* Man mengt in einem Porcellantiegel 10 Grm. feingeriebenen Braunstein mit 5 Grm. Schwefelsäure und erhitzt das Gemenge erst 1/4 Stunde gelind, dann eine Stunde stark. Nach dem Erkalten kocht man die schwarze Masse mit Wasser aus und dampft die Auflösung, zuletzt unter stetem Umrühren, zur Trockne ein: das röthlich-weisse Pulver ist schwefelsaures Manganoxydul (MnO, SO_3 + Krystallwasser). Die Hälfte von dem Sauerstoff ist in der Hitze entwichen und Manganoxydul (MnO) übrig geblieben, welches, da es eine Salzbasis ist, sich mit der Schwefelsäure vereinigt. Auf ähnliche Weise bildete sich salzsaures Manganoxydul oder Manganchlorür ($MnCl$) bei der Bereitung von Chlor (166) und blieb, durch Chloreisen gelb gefärbt, in dem Kochfläschchen zurück. Dabei wurde zugleich gezeigt, wie leicht die höheren Chlorverbindungen in Chlorür und freies Chlor zerfallen. Die meisten Manganoxydulsalze haben eine schwachröthliche Farbe.

Fig. 146.



Affinität zum Sauerstoff. *Versuch.* Lässt man eine Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul an der Luft stehen, so färbt sich die Lösung dunkelbraun und lässt mit der Zeit ein ebenso gefärbtes Pulver fallen. Der Vorgang hierbei ist genau derselbe wie bei einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul. Das Manganoxydulhydrat zieht nämlich Sauerstoff aus der Luft an und wird zu Manganoxydhydrat, von dem sich ein Theil ausscheidet, weil die vorhandene Säure nicht hinreicht, um alles Oxyd aufgelöst zu erhalten.

Manganoxydhydrat. *Versuch.* Zu einem anderen Theile der Lösung wird Salmiakgeist oder Kalilauge gegossen: die stärkeren Basen bemächtigen sich der Schwefelsäure und Manganoxydulhydrat ($MnO + HO$) wird als ein weisser Niederschlag ausgeschieden. Beim Abfiltriren und Trocknen verwandelt sich dieses nach und nach in dunkelbraunes Manganoxydhydrat ($Mn_2O_3 + 3HO$), ganz so wie das Eisenoxydulhydrat. Taucht man ein Läppchen in die Manganlösung und zieht es, nachdem es trocken geworden, durch Kalilauge, so bleibt der Niederschlag auf der Faser festhaften und man erhält beim Aushängen an die Luft ein schönes Dunkelbraun. In der Färberei nennt man dieses Braun Manganbister.

Kohlensaures Manganoxydul (MnO, CO_2) kommt als röthliches Mineral unter dem Namen Manganspath und als ein häufiger Begleiter der Kalksteine und anderer Steine vor. Da es, wie kohlensaures Eisenoxydul, in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist, so finden wir kleine Mengen davon auch in vielen Quellen, zumal in den eisenhaltigen und in dem aus diesem abgesetzten Eisenocker. Beim Verdunsten der Kohlensäure scheidet sich das Manganoxydulhydrat ab und bildet unter Sauerstoffaufnahme die in Steinspalten häufig vorkommenden moosartigen braunen und schwarzen Zeichnungen von Mangandendriten (Manganoxydhydrat).

Die Salze des Manganoxyds sind sehr unbeständig.

Schwefelmangan (MnS).

415. *Versuch.* Versetzt man eine Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul mit Schwefelwasserstoffwasser, so erfolgt keine Veränderung; diese tritt aber sofort ein, wenn man Salmiakgeist (oder Schwefelammonium) zutröpfelt; es bildet sich ein blassrother Niederschlag, der aus Manganmetall und Schwefel besteht (MnS oder Mangansulfuret). Auf diese Weise lässt sich das Mangan in seinen Auflösungen erkennen, denn das Mangan ist das einzige Metall, welches ein Schwefelmetall von röthlicher Farbe giebt. An der Luft ändert sich diese Farbe bald in Dunkelbraun um, indem das Mangan sich zu Oxydhydrat oxydirt, während der Schwefel sich abscheidet. Als ein grünes Pulver erhält man das Schwefelmangan durch Glühen von Braun-

stein mit überschüssigem Schwefel. Manganbisulfuret (MnS_2) ist schwarz von Farbe.

Mangansäure (MnO_3).

416. *Versuch* a. Man reibt in einem Mörser 5 Grm. Braunstein mit 5 Grm. Aetzkali innig zusammen, schüttet das Gemenge in einen Porcellantiegel und erhitzt es bei Luftzutritt $^1/_2$ Stunde stark. Nach dem Erkalten giesst man destillirtes Wasser auf die schwarze Masse: man wird eine tiefgrüne Auflösung erhalten, die durch Absetzen in einem Probirgläschen geklärt wird. Das Grünfärbende darin ist ein Salz, welches den Namen mangansaures Kali bekommen hat und durch vorsichtiges Abdunsten des Wassers unter der Luftpumpe in grünen Krystallen erhalten werden kann. Durch das Glühen mit Kali wird der Braunstein disponirt, noch 1 Aeq. Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen; aus MnO_2 wird MnO_3, und diese Verbindung verhält sich wie eine Säure, d. h. sie verbindet sich mit der vorhandenen Basis zu einem Salze (KO, MnO_3). In freiem Zustande ist die Mangansäure nicht bekannt, da sie, wenn man sie durch eine Säure von der Basis trennt, sogleich zerfällt.

Mineralisches Chamäleon. *Versuch* b. Zu einem Theile der grünen Lösung bringe man einige Tropfen Schwefelsäure: das Grün wandelt sich alsbald in Purpurroth um, indem die Mangansäure in Uebermangansäure und Manganüberoxydhydrat zerfällt; $3 MnO_3$ und HO werden zu Mn_2O_7 und MnO_2, HO. Die Uebermangansäure bleibt mit einem Theile des Kalis als purpurrothes Salz gelöst. Was hier augenblicklich geschieht, tritt langsam ein, wenn man die mit Wasser verdünnte grüne Lösung in einem offenen Glase an der Luft stehen lässt: das Grün geht nach und nach in Violett und endlich in Roth über. Dieser Farbenänderung wegen nannte man das mangansaure Kali sonst mineralisches oder grünes Chamäleon.

Uebermangansäure (Mn_2O_7).

417. Rothes Chamäleon. Die bei dem vorigen Versuche erhaltene purpurrothe Flüssigkeit enthält übermangansaures Kali oder rothes Chamäleon aufgelöst. Um eine

concentrirtere Lösung dieses Salzes zu erhalten, setzt man ein inniges Gemenge von 4 Thln. sehr fein zerriebenem Braunstein, 5 Thln. Aetzkali und $3^1/_2$ Thln. chlorsaurem Kali längere Zeit einer gelinden Glühhitze aus. Die Masse giebt mit Wasser gekocht eine dunkel-violettrothe Auflösung, aus der man beim Abdampfen der durch Absetzen geklärten Lösung schwarze Krystalle von grünlichem Metallglanz erhält, die zerrieben ein rothes Pulver geben, das sich in 16 Thln. Wasser auflöst. Die Lösung von übermangansaurem Kali (Chamäleonlösung) giebt an andere Körper sehr leicht Sauerstoff ab und ist eins der kräftigsten Oxydationsmittel. Tröpfelt man sie zu einer mit etwas Schwefelsäure versetzten schwachen Eisenvitriollösung, so verschwindet das Roth augenblicklich und zwar so lange, bis alles Eisenoxydul in Oxyd übergeführt ist; ein Tropfen mehr färbt dann die Eisenflüssigkeit rosenroth und giebt durch diese Färbung den Endpunkt der Oxydation genau an. Mittelst einer Chamäleonlösung von bestimmter Stärke (titrirt) kann man den Gehalt von Eisenerzen, Eisenoxydulsalzen u. a. an Eisen nach der volumetrischen Methode oder Maassanalyse leicht bestimmen. Die Uebermangansäure zerfällt dabei in Manganoxydul und freien Sauerstoff. Durch den letzteren werden auch organische Körper oxydirt und zersetzt, man benutzt daher die Chamäleonlösung als das kräftigste Desinfectionsmittel zur Zerstörung fauliger Gerüche, sehr verdünnt als Mundwasser u. a. m.

Die freie Uebermangansäure ist wasserfrei eine grünlich schwarze, metallisch glänzende, wasserhaltig eine purpurrothe Flüssigkeit, die beim Erhitzen oder in Berührung mit Alkohol, Fett und anderen oxydirbaren Substanzen explodirt und sehr leicht in Manganüberoxydhydrat und Sauerstoff zerfällt.

Cer, Lanthan, Didym.

418. Diese drei Metalle kommen zusammen als Oxyde, mit Kieselsäure verbunden, in dem seltenen Mineral Cerit vor und sind sich in ihren Eigenschaften so ähnlich, dass sie nur schwierig und unvollständig von einander getrennt werden können.

Kobalt (CO) und Nickel (Ni).

(Aeq.-Gew. = 29,5. Specif. Gew. 8,5.) — (Aeq.-Gew. = 29,5. Specif. Gew. 8,8.) — Kobaltmetall 1733 von Brandt, Nickel 1751 von Cronstedt entdeckt. —

419. Zur Zeit, als der Bergmann in der einsamen Tiefe seines Schachtes noch mit Erdgeistern und Bergmännchen verkehrte, fand man hier und da, besonders in den Bergwerken zu Schneeberg im Erzgebirge, Erze, die glänzend und schwer waren wie die schönsten Silberstufen, in dem Schmelzofen aber doch kein Silber gaben, sondern unter unangenehmem Knoblauchgeruche zu einer grauen Asche zerfielen. Dem Glauben der damaligen Zeit gemäss hielt man das Verschwinden des vermeintlichen Silbers beim Ausschmelzen für eine Neckerei schadenfroher Erdgeister und warf diese Erze, die man nach den Namen der letzteren Kobolde und Nickel taufte, verächtlich bei Seite. Jetzt wirft man sie nicht mehr weg, sondern hält sie in hohen Ehren, da man in den Kobold- oder Kobalterzen ein Metall aufgefunden hat, mit dem man Glas und Porcellan aufs Prachtvollste blau färben kann, in den Nickelerzen aber ein Metall, welches dem Messing das Ansehen von Silber verleiht. Der Grund, warum man sonst aus diesen Erzen kein Metall ausschmelzen konnte, liegt einfach in der ausserordentlich schweren Schmelzbarkeit des Kobalt- und Nickelmetalles; die Hitze der früheren Schmelzöfen reichte nicht hin, sie in Fluss zu bringen. Der Knoblauchgeruch ist dem Arsenik zuzuschreiben, der die Kobalt- und Nickelerze immer begleitet.

Kobalt und Nickel zeigen als reine Metalle grosse Aehnlichkeit mit dem Eisen, sowohl in ihrem Aeusseren als in ihrer Verbindungsweise; nur sind sie edler, d. h. sie ziehen den Sauerstoff nicht so begierig an, sie rosten nicht so leicht wie das Eisen. Die drei Metalle: Eisen, Kobalt und Nickel bilden das magnetische Kleeblatt; sie allein unter allen Metallen werden von dem Magnet angezogen. Bemerkenswerth ist ausserdem, dass auch das Meteoreisen immer Nickel und meist auch Kobalt enthält. Einen charakteristischen Unterschied zeigen die beiden letzteren Metalle bei der Behandlung mit Säuren; Kobalt giebt eine rothe Auflösung, Nickel eine grüne.

Der in den Apotheken vorkommende Fliegenstein wird häufig auch Kobalt oder Scherbenkobalt genannt, aber ganz mit Unrecht, denn es findet sich in ihm kein Kobalt; er ist gediegenes Arsen oder Arsenmetall.

Kobaltverbindungen.

420. Smalte oder Kobaltglas. In der Natur kommen Kobalt und Nickel meist mit Arsen oder mit Arsen und Schwefel verbunden und neben einander vor. Diese Erze (Speiskobalt, Glanzkobalt, Kupfernickel u. a.) werden zuerst in einem Flammenofen so lange geröstet, bis das an das Kobalt gebundene Arsen und der Schwefel sich mit Sauerstoff verbunden und verflüchtigt haben und aus dem Kobaltmetall Kobaltoxyd geworden ist; dann mengt man sie mit Sand und Pottasche und bringt das Gemenge in Thonhäfen zum Schmelzen. Es entsteht Glas und in diesem löst sich das Kobaltoxyd mit tiefblauer Farbe auf, nicht aber das Arsennickel, welches, nebst dem meist zugleich vorhandenen Silber und Wismuth, sich am Boden der Gefässe als eine metallartige, geschmolzene Masse (Kobaltspeise, richtiger Nickelspeise) absetzt. Das geschmolzene blaue Glas wird, um es rissig und spröde zu machen, in kaltes Wasser gegossen und dann auf Mühlen zu einem zarten Pulver zermahlen und geschlämmt. Man nennt solche Fabrikanlagen Blaufarbenwerke und benutzt die Fabrikate derselben unter den Namen Königsblau, Smalte und Eschel als sehr dauerhafte blaue Farben, und zwar nicht nur als Schmelzfarben für Glas-, Porcellan- und Töpferwaaren, sondern auch durch Aufpudern auf dicken Firniss als Anstrichfarben, sowie zum Bläuen der Wäsche, des Papiers etc., doch ist es zu letzteren Zwecken durch das künstliche Lasursteinblau oder Ultramarin sehr zurückgedrängt worden.

Kobaltoxyde. Mit Sauerstoff bildet das Kobalt, wie das Eisen, Kobaltoxydul (CoO), olivengrün, als Hydrat rosenroth, eine starke Basis, und Kobaltoxyd (Co_2O_3) von schwarzer Farbe, eine schwache Basis. Auch existirt, wie beim Eisen, eine Zwischenstufe, Kobaltoxyduloxyd, vielleicht selbst eine Kobaltsäure. Diese Oxyde, wie auch das phosphorsaure Kobaltoxydul, dienen als blaue Schmelzfarben in der Porcellan- und Glasmalerei, wie auch zur Bereitung des Kobaltultramarins (365). Die blaue

Farbe, welche Spuren von Kobalt der Boraxperle ertheilen, dient auch zur Erkennung desselben mittelst des Löthrohres.

Kobaltsalze. Die Kobaltoxydulsalze sind heller oder dunkler rosenroth und geben mit Kali blaue Niederschläge von basischen Kobaltsalzen, mit salpetrigsaurem Kali und Essigsäure aber bei gelinder Erwärmung gelbe von salpetrigsaurem Kobaltoxyd-Kali (Unterschied von Nickel). Durch Schwefelwasserstoffwasser werden sie nicht, durch Schwefelammonium aber schwarz, als Schwefelkobalt oder Kobaltsulfuret (CoS) gefällt.

Kobaltchlorür (CoCl) ist wasserfrei blau, wasserhaltig roth und kann in schwacher Lösung als sympathetische Tinte dienen. Schreibt man damit auf Papier, so ist die getrocknete, schwachröthliche Schrift nicht zu erkennen, sie kommt aber mit blauer Farbe zum Vorschein, wenn man das Papier behutsam erwärmt, und verschwindet nach dem Erkalten (durch Anziehen von Feuchtigkeit) wieder.

Salpetersaures Kobaltoxyd ($CO, NO_5 + 6HO$) wird als Lösung zu Löthrohrversuchen, hauptsächlich zur Erkennung der Thonerde, gebraucht (365).

Nickelverbindungen.

421. Neusilber oder Argentan. Schmilzt man von dem aus Kupfer und Zink bestehenden Messing 4 bis 5 Thle. mit 1 Thl. Nickel zusammen, so erhält man ein Metallgemisch (eine Legirung) von silberweisser Farbe, schönem Glanze und grosser Dehnbarkeit, welche als Surrogat des Silbers die vielfachste Verwendung zur Anfertigung von Speisegeräthschaften und Luxusgegenständen aller Art, auch zum Schlagen von Scheidemünze, unter dem Namen Neusilber, Argentan oder Packfong gefunden hat. Das meiste Nickel gewinnt man aus der bei der Smaltebereitung abfallenden Kobaltspeise (420), indem man dieser erst das Arsen, dann das Wismuth und Silber entzieht.

Nickeloxydul (NiO) ist grünlichgrau, als Hydrat schön apfelgrün; Nickeloxyd (Ni_2O_3) ist schwarz. Der als Schmuckstein bekannte Chrysopras ist ein durch Nickeloxydul grün gefärbter Quarz. Die Nickeloxydulsalze und ihre Auflösungen sind grün. Kali schlägt aus den letzteren apfelgrünes Oxydulhydrat

nieder, Ammoniak färbt sie blau, ohne einen Niederschlag zu bewirken. Schwefelwasserstoffwasser verursacht keine Fällung, Schwefelammonium aber eine schwarze von Schwefelnickel (NiS).

Uran (U).

(Aeq.-Gew. = 60. — Specif. Gew. = 18,4.)

— 1789 von Klaproth entdeckt. —

422. Das nur vereinzelt, hauptsächlich in Johanngeorgenstadt und Joachimsthal vorkommende schwarze Uranpecherz ist Uranoxduloxyd (UO, U_2O_3); aus ihm stellt man die anderen Uranverbindungen dar. Das schwer darstellbare, grauweisse, spröde, sehr schwere Metall liefert, dem Eisen ähnlich, mit Sauerstoff schwarzes Uranoxydul (UO), welches mit Wasser braunes Hydrat und mit Säuren grüne Salze giebt; ferner ein rothes Sesquioxyd (U_2O_3), dessen Hydrat gelb und dessen Salze grünlichgelb sind. Das Uranoxyd verbindet sich nicht nur mit Säuren, sondern auch mit starken Basen. Uranoxydammoniak und Uranoxydnatron, schön gelbe unlösliche Pulver, färben schmelzendes Glas gelbgrün und dienen zur Darstellung der beliebten maigrünen Glaswaaren. Ebenso wird das Uranoxyduloxyd als Schmelzfarbe benutzt, da es auf Porcellan das tiefste und feuerbeständigste Schwarz liefert. Das leichtlösliche salpetersaure Uranoxyd (oder essigsaure) wird in der Photographie und als Reagens auf Phosphorsäure benutzt, welche eine unlösliche gelbe Verbindung mit dem Uranoxyd eingeht. Phosphorsaures Uranoxyd macht auch den Hauptbestandtheil des schönen Minerals Uranglimmer aus.

Zink (Zn).

(Aeq.-Gew. = 32,5, — Specif. Gew. = 6,8.)

— Seit 1750 in Europa dargestellt; Messing war schon im Alterthume bekannt. —

423. Vor nicht gar langer Zeit brauchte man das Zink fast nur allein zur Bereitung von Messing und Tomback; jetzt aber, seitdem man gelernt hat, es in Blech auszuwalzen und in Draht auszuziehen, benutzt man es auch zur Anfertigung vieler Gegen-

stände, die man sonst aus Blei, Kupfer und Eisen machte, z. B. zu Nägeln, Schnallen, Gasometern und Gasleitungsröhren, zu Dachrinnen und zur Dachbedeckung etc., denn es ist härter und doch leichter als Blei, wohlfeiler als Kupfer und durch Luft und Wasser weniger zerstörbar als Eisen. Gewöhnlich kommt es in der Form von Platten im Handel vor, die so spröde sind, dass sie mit dem Hammer in kleine Stücke zerschlagen werden können; auf dem frischen Bruche zeigt es ein krystallinisches, hakiges Gefüge und eine bläulichweisse Farbe. Sonst hiess es auch Spiauter oder Galmeimetall.

Zinkblech. *Versuch.* Man halte mittelst einer Zange oder Pincette ein Stückchen Zink so lange in eine Weingeistflamme, bis es zischt, wenn man ein feuchtes Hölzchen daran hält; hämmert man es jetzt schnell auf einem vorher erwärmten Steine oder Ambosse, so zerspringt es nicht, sondern breitet sich, wie Blei, zu einer dünnen, zusammenhängenden Platte aus. Das Zink hat die auffallende Eigenthümlichkeit, dass es zwischen 100 bis 150° C. dehnbar, unter oder über dieser Temperatur aber spröde ist. Seitdem man dieses Verhalten des Zinks in der Hitze kennt, ist man leicht dahin gelangt, die Schwierigkeiten zu überwinden, die früher der Umwandlung dieses in der Kälte unbiegsamen Metalles in Blech und Draht entgegenstanden.

Zinkkörner. *Versuch.* Bei chemischen Versuchen, insbesondere zur Entwicklung von Wasserstoff, ist es sehr bequem, das Zink granulirt, d. h. in Gestalt kleiner Körner anzuwenden. Aus dem geschmolzenen Metalle sind diese sehr leicht darzustellen; man braucht das flüssige Metall nur durch einen angefeuchteten Besen, den man über ein Wassergefäss hält und gelinde rüttelt, zu giessen (Fig. 147 a. f. S.). Auf diese Weise lassen sich auch andere leicht schmelzbare Metalle, als Blei, Zinn, Wismuth etc., und zwar bequemer als durch Zerschneiden oder Feilen, in kleinere Stücke zertheilen. Unter dem Namen Zinkstaub kommt jetzt unreines Zink in Pulverform im Handel vor.

Zinkoxyd (ZnO).

424. Schmelzen des Zinks. *Versuch* **a.** Bleibt blankes Zink längere Zeit an der Luft liegen, so überzieht es sich mit

einem grauen Häutchen von Suboxyd. Erhitzt man ein kleines Stück davon in einem eisernen Löffel in einer Weingeistflamme,

Fig. 147.



so läuft es ebenfalls grau an, das erzeugte Suboxyd zieht aber beim Schmelzen des Zinks, welches bei 412° C. eintritt, rasch noch mehr Sauerstoff aus der Luft an und wird zu Zinkoxyd, das als eine lockere, gelbe Masse auf dem Zink schwimmt. Beim Erkalten geht das Gelb in Weiss über; das Zinkoxyd gehört zu den Körpern, welche in der Hitze eine andere Farbe als bei gewöhnlicher Temperatur haben.

Verdampfen des Zinks. *Versuch.* In noch stärkerer Hitze verdampft das Zink und brennt dabei mit bläulicher Flamme. Um diese Erscheinung wahrzunehmen, muss man den Löffel mit Zink auf glühende Kohlen stellen, damit er heisser werde als durch die Spirituslampe. Recht schön sieht man dieselbe schon im Kleinen, wenn man ein kleines Stückchen Zink auf Kohle vor dem Löthrohre erhitzt; das Metall verwandelt sich bald, zum Theil in der Luft, in eine lockere, schwammige Masse von Oxyd, und während dies geschieht, brechen blaue Flammen aus der Oxyddecke hervor. Das Oxyd ist nämlich nicht flüchtig, denn sonst würde gar nichts übrig bleiben. Was die Flamme hervorbringt, ist brennender Zinkdampf; was bei der Verbren-

nung gebildet wird, ist Zinkoxyd. Man nenn dieses Oxyd auf trocknem Wege bereitetes oder Zinkblumen, und kann es durch Zerreiben und Schlämmen mit Wasser von den etwa noch eingeschlossenen Metalltheilchen befreien. Durch Verbrennen des Zinks in Flammenöfen bereitet man sich das Oxyd jetzt im Grossen, da es unter dem Namen Zinkweiss, an Stelle des Bleiweisses, als weisse Anstrichfarbe verwendet wird. Das Zink hat nur diese eine Oxydationsstufe, welche die Basis der Zinksalze bildet und in den meisten Säuren, wie auch in Alkalien, leichtlöslich ist.

Lösliche Zinksalze.

425. Verdünnte Säuren lösen das Zink mit Leichtigkeit unter Entwickelung von Wasserstoffgas auf und bilden mit dem entstandenen Oxyd farblose Zinksalze. Das hierbei freiwerdende Wasserstoffgas ist viel reiner als das mit Eisen dargestellte; man wendet deswegen gewöhnlich Zink und verdünnte Schwefelsäure an, wenn man sich Wasserstoff darstellen will, z. B. bei den Platinfeuerzeugen, Luftballons etc.

Schwefelsaures Zinkoxyd oder Zinkvitriol ($ZnO, SO_3 + 7HO$) wird durch Lösen des Zinks in verdünnter Schwefelsäure dargestellt und krystallisirt in farblosen rhombischen Säulen, welche beinahe zur Hälfte aus Krystallwasser bestehen. Es führt auch die Namen weisser Vitriol oder weisser Galitzenstein, ist leicht löslich in Wasser und wird in sehr verdünnter Lösung äusserlich als ein kühlendes Mittel, insbesondere bei Augenentzündungen, angewendet. Aus den unbrauchbar gewordenen Flüssigkeiten der Platinfeuerzeuge lassen sich durch Abdampfung ohne grosse Mühe ziemliche Quantitäten dieses Salzes darstellen. Der schwarze Schlamm, der sich aus der Zinklösung absetzt, ist zum grössten Theil Kohle, von welcher sich beim Ausschmelzen des Zinks aus seinen Erzen immer ein wenig mit dem Zink verbindet. Da sie in Säuren nicht löslich ist, so muss sie beim Lösen des Metalls zurückbleiben.

An manchen Orten gewinnt man auch Zinkvitriol aus Schwefelzink, nachdem dasselbe an der Luft eine hinlängliche Oxydation erfahren hat, ganz auf dieselbe Weise, wie man aus dem Schwefeleisen Eisenvitriol darstellt.

Chlorzink ($ZnCl$), ein farbloses, zerfliessliches Salz, wird am einfachsten durch Auflösung des Zinks in Salzsäure erhalten und dient zur Imprägnation von Holz, um es gegen Moder und Fäulniss zu schützen. Eine concentrirte und mit Salmiak versetzte Lösung davon wird unter dem Namen **Löthwasser** zum Löthen Verzinnen und Verbleien benutzt.

Kali, Natron und Ammoniak schlagen aus den Lösungen der Zinksalze weisses Zinkoxydhydrat nieder, im Ueberschuss lösen sie es wieder auf.

Die löslichen Zinksalze schmecken herb und widrig und wirken **giftig**, in kleinen Mengen brechenerregend. Als Gegenmittel sind Milch, Eiweiss und Kaffee anzuwenden.

Kohlensaures Zinkoxyd.

426. Basisches. *Versuch.* Man lege ein Stück gescheuertes Zinkblech abwechselnd in Wasser und an die Luft: es wird sich nach und nach mit einem weissen Ueberzuge bedecken, es **rostet**, wie das Eisen; der Zinkrost hat aber eine **weisse** Farbe. Beim Eisen pflanzt sich die Oxydation schnell nach innen zu weiter fort, beim Zink nicht oder doch nur sehr langsam; daher halten zinkene Gegenstände in Wind und Wetter viel länger als eiserne; daher überzieht man eiserne Gegenstände oft mit Zink (galvanisirtes Eisen). Eisenrost ist Eisenoxydhydrat, Zinkrost ist Zinkoxydhydrat (ZnO, HO). Nächst dem Sauerstoff zieht aber das Zink auch etwas Kohlensäure aus der Luft an, was man an dem Brausen erkennt, wenn ein Tropfen Säure auf das gerostete Zink gebracht wird; der weisse Ueberzug ist hiernach eine Doppelverbindung von Zinkoxydhydrat mit kohlensaurem Zinkoxyd (**basisch kohlensaures Zinkoxydhydrat**).

Eine ähnliche Verbindung erhält man, wenn man zu einer Lösung von Zinkvitriol kohlensaures Natron bringt. Glüht man den erhaltenen Niederschlag, so entweicht alle Kohlensäure und man behält Zinkoxyd übrig, das man als auf **nassem** Wege gewonnenes bezeichnet.

Neutrales kohlensaures Zinkoxyd (ZnO, CO_2) kommt krystallisirt als **Zinkspath** und derb als **Galmei** in der Natur, zumal in Oberschlesien und Belgien vor und ist das wichtigste Erz für die Zinkgewinnung.

Schwefelzink (Zn S).

427. *Versuch.* Zu einer Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd setze man Schwefelwasserstoffwasser: es erfolgt kein Niederschlag; fügt man aber Ammoniak (oder Schwefelammonium) zu, so entsteht eine weisse Fällung von Schwefelzink (ZnS). Dieses Verhalten dient zur Erkennung und Scheidung des Zinks von anderen Metallen. Schwefelzink ist das andere Zinkerz, welches in solcher Menge vorkommt, dass es, wie der Galmei, zur hüttenmännischen Verwendung gelangt. Das natürliche Schwefelzink wird immer von Eisen begleitet und hat deshalb eine gelbe, braune oder schwarze Farbe; es führt den Namen Zinkblende. Es muss, wie alle mit Schwefel verbundenen Metalle, erst in eine Sauerstoffverbindung umgewandelt werden, ehe es durch Kohle eine Reduction erfährt. Dies geschieht durch die sogenannte Röstung, d. h. durch längeres Erhitzen an der Luft, wobei der grösste Theil des Schwefels als schweflige Säure entweicht, ein kleinerer Theil davon aber zu Schwefelsäure wird, welche mit dem gebildeten Zinkoxyd als basisch schwefelsaures Zinkoxyd (geröstete Zinkblende) zurückbleibt.

428. Darstellung von Zink. Soll aus dem Galmei Zinkmetall werden, so muss man die Kohlensäure und den Sauerstoff von ihm wegnehmen. Das Erstere geschieht, ähnlich wie bei dem Kalk, durch Brennen in Oefen, das Letztere, ähnlich wie bei dem Eisen, durch Glühen mit Kohle. Der Reductionsprocess darf aber begreiflich nicht in offenen Oefen vorgenommen werden, denn in diesen würde das reducirte Zink verdampfen und an der Luft wieder zu Zinkoxyd verbrennen, so dass man aus dem Zinkoxyd im Ofen nur Zinkoxyd in der Luft erhielte. Man muss vielmehr statt einer Ausschmelzung eine Destillation vornehmen. Als Destillirgefässe wendet man entweder Thonröhren (belgische Methode) oder Thonkästen, sogenannte Muffeln (schlesische Methode) an, deren mehrere entweder über einander oder im Kreise herum in einem Ofen aufgestellt werden. Figur 148 ist das Abbild einer Muffel (*M*). An

Fig. 148.



der vorderen Seite derselben ist ein gebogenes Thonrohr (*b*, *c*, *d*) befestigt, durch welches die beim Glühen des gerösteten Galmeis mit Kohle sich bildenden zwei luftförmigen Stoffe, Kohlenoxydgas und Zinkdampf, abziehen können. Der letztere verdichtet sich meist schon in dem Rohre und tröpfelt unten als Metall in ein Gefäss mit Wasser ab. Man hat dasselbe jetzt nur noch einmal umzuschmelzen und in Platten auszugiessen. Das Zink des Handels (Werkzink) enthält immer noch kleine Quantitäten von Eisen und Blei beigemengt. Steigt der Bleigehalt bis über $1^1/_2$ Proc., so bleibt das Zink auch in der Hitze brüchig und lässt sich nicht mehr zu Platten auswalzen.

Cadmium (Cd).

(Aeq.-Gew. = 56. — Specif. Gew. = 8,6.)

— 1818 gleichzeitig von Stromeyer und Herrmann entdeckt. —

429. Das Cadmium ist ein seltenes Metall und kann als ein Zwillingsbruder des Zinks angesehen werden, in dessen Erzen es in geringer Menge angetroffen wird. Es ist leichter flüchtig als Zink und destillirt daher bei der Gewinnung des letzteren mit den ersten Zinkportionen über. Weiter unterscheidet es sich von dem Zink durch eine hellere Farbe und eine grössere Weichheit, sowie dadurch, dass es schon bei gewöhnlicher Temperatur geschmeidig ist und in der Glühhitze zu gelbbraunem Oxyd (CdO) verbrennt, das mit Säuren farblose Salze giebt. Die Lösungen der letzteren geben mit Schwefelwasserstoffwasser einen schön gelben Niederschlag von Schwefelcadmium (CdS). Aus den Zinksalzen wurde, wie schon erwähnt, durch dieses Reagens gar nichts, durch Schwefelwasserstoffammoniak aber weisses Schwefelzink ausgefällt.

Indium (In), und Thallium (Tl).

(Aeq.-Gew. = 38. — Spec.-Gew. = 7,3). (Aeq.-Gew. = 204. — Spec.-Gew. = 11,9.)

— In 1863 von Reich und Richter, Tl 1862 von Crookes und Lamy entdeckt. —

430. Indium. Die Existenz dieses höchst seltenen, silberähnlichen, sehr weichen und dehnbaren Metalles verrieth sich, wie

die des Cäsiums und Rubidiums, durch eine charakteristische Spectrallinie, und zwar von indigblauer Farbe, an welche der Name Indium erinnern soll. Man hat es bis jetzt nur in gewissen sächsischen Zinkblenden und dem daraus dargestellten Zink gefunden. Es giebt mit Sauerstoff blassgelbes Indiumoxyd (InO) und mit Schwefel tiefgelbes Schwefelindium.

431. Thallium. Auch dieses Metall gehört zu den durch den Spectralapparat entdeckten Metallen. Es färbt die Weingeistflamme grün und giebt eine dem Pflanzenlaub ähnliche, intensiv grüne Spectrallinie. Man hat es bis jetzt nur in manchen Schwefelkiesen und Salzsoolen in höchst kleinen Mengen gefunden. Als Metall ist es zinnweiss, sehr weich und schon bei 290^0 schmelzbar. Verdünnte Schwefelsäure löst es unter Entwickelung von Wasserstoff auf. Es hat zwei basische Oxyde, Oxydul $= TlO$ und Oxyd $= TlO_3$. Das Oxydul hat Aehnlichkeit mit den Alkalien, ist in Wasser löslich, reagirt basisch und zieht Kohlensäure aus der Luft an; es unterscheidet sich aber wieder dadurch von denselben, dass es mit Schwefelammonium einen schwarzen Niederschlag (TlS) giebt. In anderen Verbindungen kommt es dagegen mit dem Blei überein.

Rückblick auf die Metalle der Eisengruppe.

(Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Uran, Zink etc.)

1) Die Metalle dieser Gruppe zersetzen das Wasser bei Gegenwart einer Säure; sie lösen sich in verdünnten Säuren unter Wasserstoffentwickelung auf.

2) Ihre niedrigsten (oder einzigen) Oxydationsstufen bestehen aus 1 Aeq. Metall oder Radical (R) und 1 Aeq. Sauerstoff (O) und sind starke Basen (FeO, MnO, ZnO etc. $= RO$).

3) Die nächstfolgenden höheren Oxyde sind nach der Formel R_2O_3 zusammengesetzt, als: (Fe_2O_3, Mn_2O_3, Co_2O_3) etc.; die höchsten verhalten sich wie Säuren, als: FeO_3, MnO_3.

4) In der Natur kommen diese Metalle nicht gediegen vor, sondern meist mit Sauerstoff, nächstdem mit Schwefel verbunden.

5) Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel und Zink werden aus ihren sauren Lösungen nicht durch Schwefelwasserstoff, sondern nur durch Schwefelammonium als Schwefelmetalle niedergeschlagen (elektropositive Metalle). In der Analyse dient dieses Verhalten, um sie von den anderen (elektronegativen) Metallen zu trennen.

6) Die genannten fünf Metalle sind chemisch stärker als die anderen, sie können diese aus ihren Lösungen und anderen Verbindungen verdrängen und metallisch niederschlagen.

7) Das Thallium steht nur äusserer Gründe wegen hier; es zeigt so viel Abweichendes in seinem chemischen Verhalten, dass es in keine Metallgruppe passt.

II. Silbergruppe.

Blei, Plumbum (Pb).

(Aeq.-Gew. = 103,5. — Specif.-Gew. = 11,4.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

432. Nächst dem Eisen ist das Blei das verbreitetste und billigste Metall; dabei auch ein sehr nützliches, nicht bloss, weil wir Schrot und Buchdruckerlettern daraus giessen und Schwefelsäurekammern daraus erbauen, sondern auch wegen der vielen brauchbaren Verbindungen, die es mit dem Sauerstoff und den Säuren giebt. Gegen die menschliche Gesundheit tritt dieses Metall als ein Feind auf, aber nicht mit offenem Visir, sondern unter der Maske der Freundlichkeit, denn es verbirgt seine schädlichen Wirkungen hinter einem süssen Geschmacke, der den mehrsten seiner Verbindungen eigen ist; auch äussern sich diese Wirkungen nicht sogleich, wenn das Blei in den Körper kommt, sondern oft erst nach Jahren (Bleikolik) Man rechnet es aus diesem Grunde zu den schleichenden Giften. Deswegen wohl verglich man es sonst auch mit dem Gott der Zeit und gab ihm den Namen Saturnus und das Zeichen ♄. Die äusseren Eigenschaften des Bleies: sein Glanz, seine leichte Schmelzbarkeit, seine Weichheit und Biegsamkeit, seine bedeutende Schwere etc. sind

bekannt genug. An der Luft verliert das Blei seinen metallischen Glanz sehr bald, indem es sich mit einem schwachen Häutchen von Suboxyd überzieht.

Bleischrot. Will man das Blei körnen, so giesst man es, wie beim Zink angegeben, durch einen Besen in Wasser. Aehnlich ist das Verfahren bei der Bereitung von Schrot, nur nimmt man hierzu statt des Besens einen eisernen Durchschlag und lässt die Bleitropfen von einer solchen Höhe herabfallen, dass sie erstarrt sind, ehe sie das Wasser erreichen. Für die gröbsten Nummern von Schrot braucht man Thürme von mehr als 100 Ellen Höhe. Gewöhnlich setzt man dem Bleie ein wenig Arsenik zu, weil es dann vollkommner runde Tropfen bildet. Da Blei und Arsenik ein Paar Feinde der menschlichen Gesundheit sind, so sollte man Schrot nicht mehr zum Ausspülen der Flaschen anwenden.

Bleioxyd oder Bleiglätte (PbO).

433. Blei in der Hitze. *Versuch.* Man erhitze ein Stückchen Blei in der äusseren Flamme des Löthrohrs: dasselbe schmilzt — bei etwa 330° C. — und überzieht sich dabei mit einer grauen Haut, ja es verwandelt sich endlich ganz in ein graues Pulver, in sogenannte Bleiasche, ein Gemenge von schwarzem Bleisuboxyd (Pb_2O) und gelbem Bleioxyd (PbO). Bei längerem Blasen verändert sich das Grau in Gelb, indem die Bleiasche durch weitere Sauerstoffaufnahme vollständig in Bleioxyd übergeht. In stärkerer Hitze schmilzt das Oxyd und erstarrt beim Erkalten zu einer röthlichgelben, aus glänzenden Schuppen zusammengesetzten Masse, zu der bekannten Bleiglätte oder Silberglätte. Lenkt man auf diese die innere Löthrohrflamme, so erhält man wieder metallisches Blei. Diese leichte Reducirbarkeit, welche fast allen Bleisalzen eigen ist, verbunden mit dem gelben Oxydbeschlage der Kohle um die Metallkörnchen herum, giebt ein ebenso einfaches als sicheres Mittel ab, um einen Körper auf die Gegenwart von Blei zu untersuchen.

Das Bleioxyd enthält auf 103,5 Blei nur 8 Sauerstoff, oder auf 1 Aeq. Blei 1 Aeq. Sauerstoff; das Blei gehört sonach zu den Metallen, welche ein sehr hohes Verbindungsgewicht haben, zu

den chemischen Schwächlingen, da von ihm 103,5 Pfund nur so viel ausrichten, als 28 Pfd. Eisen oder 32,6 Pfd. Zink.

Bleiglätte. Als Bleiglätte findet das Bleioxyd eine ungemein grosse Anwendung in den Künsten und Gewerben. Wie man Bleiglas (Flintglas), Bleiglasur und Bleizucker daraus darstellt, ist schon in dem Früheren angegeben worden; ausserdem gebraucht es der Chemiker, um Mennige, Bleiweiss und andere Bleifarben und Bleisalze daraus darzustellen; der Apotheker, um mit Baumöl eine unlösliche Bleiseife (Bleipflaster), der Tischler, um mit Leinöl den schnelltrocknenden Firniss daraus zu kochen u. s. w. Als die reinste Glätte ist die englische anzusehen; in der sächsischen und Goslarschen finden sich immer kleine Quantitäten von Kupfer- und Eisenoxyd, auch wohl von Silber. Wie sie im Grossen gewonnen wird, soll beim Silber angeführt werden. Schmilzt man die Glätte in einem hessischen Schmelztiegel, so erhält man nach dem Erkalten ein braungelbes, durchsichtiges Glas; dieses ist Bleioxyd mit etwas Kieselsäure verbunden. Die Kieselsäure stammt aus dem Schmelztiegel her. Die gewöhnlichen Topfwaaren werden mit einem Ueberzuge von solchem Glase versehen (glasirt).

Bleioxydhydrat (3 PbO, HO).

434. Blei und Wasser. *Versuch.* Man giesse in ein Glas destillirtes Wasser, in ein anderes Brunnenwasser und stelle in jedes ein Stück blankes Blei: Das destillirte Wasser wird bald trübe werden und schwach basisch reagiren, das Brunnenwasser nicht. Reines Wasser nebst atmosphärischer Luft überziehen die Oberfläche des Bleies mit einer weissen Haut von Bleioxydhydrat, welche sich im Wasser theils vertheilt, theils löst. Ebenso verhalten sich weiches Wasser, Regenwasser und solche Wässer, welche salpetersaure Salze, Chlorverbindungen und organische Stoffe enthalten; diese dürfen daher nicht in Bleigefässen aufbewahrt oder durch Bleiröhren fortgeleitet werden. Die meisten harten Wässer dagegen, insbesondere die kalk- und gypshaltigen, greifen das Blei nicht an oder doch nur in höchst unbedeutendem Grade. Hieraus erklärt sich die Unschädlichkeit der bleiernen Wasserpumpen und Wasserleitungen, die in manchen Gegen-

den ganz allgemein statt der bei uns gebräuchlichen hölzernen in Anwendung gekommen sind.

Setzt man zu einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd oder Bleizucker (264) Kali- oder Natronlauge, so erhält man Bleioxydhydrat als einen weissen Niederschlag, der sich jedoch in einem Ueberschusse der Lauge wieder auflöst. Getrocknet und erhitzt geht derselbe in wasserfreies gelbes Bleioxyd über.

Bleioxyd-Ueberoxyd oder Mennige.

435. *Versuch.* Man erhitze in einem Löffel 4 Grm. Bleiglätte und 1 Grm. chlorsaures Kali: das gelbliche Gemisch verglimmt zu einem rothen Pulver, welches man mit Wasser auswäscht. Dasselbe geschieht, wenn man, wie bei der Fabrikation im Grossen, die Glätte tagelang, jedoch nicht bis zum Schmelzen, erhitzt und öfters umrührt. In beiden Fällen nimmt das Bleioxyd noch $1/_3$ mehr Sauerstoff, im ersten Falle aus der Chlorsäure, im zweiten aus der Luft auf, und wird dadurch zu Pb_3O_4 (Bleiüberoxydul), oder, was wahrscheinlicher, zu einer Verbindung von Bleioxyd (2 PbO) mit Bleiüberoxyd (PbO_2). Diese unter dem Namen Mennige bekannte Verbindung wird vielfach als scharlachrothe Anstrichfarbe benutzt, wie auch, statt der Glätte, zur Bereitung des Krystallglases, da sie bei starker Erhitzung in Bleioxyd und Sauerstoff zerfällt.

Bleiüberoxyd (PbO_2).

436. *Versuch.* Erwärmt man Mennige einige Zeit mit Salpetersäure, so zerfällt sie in Oxyd, welches sich auflöst, und in Bleiüberoxyd, welches als ein dunkelbraunes Pulver ungelöst bleibt. Das Blei gehört zu den wenigen Metallen, die mit Sauerstoff zu Ueber- oder Superoxyden zusammentreten können. Wie diese giebt das Bleiüberoxyd die Hälfte seines Sauerstoffs sehr leicht an andere Körper ab und kann daher benutzt werden, um anderen Körpern, unorganischen wie organischen, Sauerstoff zuzuführen oder durch diesen Wasserstoff zu entziehen. So zersetzt es sich, mit Schwefel zusammengerieben, unter Entzündung des letzteren; so mit Zucker oder Weinsäure unter Erglühen;

so oxydirt es Oxalsäure zu Kohlensäure; so entzieht es der Salzsäure ihren Wasserstoff unter Bildung von Chlorgas, Wasser und Chlorblei. Ozon verwandelt das metallische Blei direct in Bleiüberoxyd (83).

Blei und Säuren.

437. Das Blei zersetzt das Wasser nicht, wie dies die Metalle der vorhergehenden Gruppe vermochten, zu seiner Oxydation und Auflösung sind daher concentrirte Säuren anzuwenden. Das beste Auflösungsmittel für das Blei ist die Salpetersäure. Schwefelsäure (die man in Bleikammern darstellt), Phosphorsäure und Salzsäure können das Blei nicht auflösen, weil sie mit demselben unlösliche oder doch sehr schwer lösliche Salze bilden. Der bei der Lösung stattfindende Vorgang wurde schon bei 188 näher angegeben. Von den Sauerstoffverbindungen des Bleies verhält sich nur das Oxyd als eine Basis, es giebt daher nur eine Reihe von Bleisalzen, Oxydsalze etc. Da das Bleioxyd leicht darzustellen ist, so bereitet man dieselben am vortheilhaftesten durch Auflösung des Oxyds in Säuren, weil man dann den Theil der Säure erspart, welcher zur Umwandlung des Bleimetalls in Bleioxyd erforderlich sein würde.

Die Bleisalze sind meist farblos und besitzen einen süsslich zusammenziehenden Geschmack, wenn sie sich im Speichel des Mundes auflösen können. Viele derselben verbinden sich noch mit mehr Oxyd und bilden basische Salze. Durch ihr Verhalten auf Kohle vor dem Löthrohre, wie gegen Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff sind sie leicht zu erkennen und von anderen Salzen zu unterscheiden.

Essigsaures Bleioxyd oder Bleizucker
($PbO, \overline{A} + 3HO$).

438. Von den löslichen Bleisalzen ist dieses das bekannteste und gebrauchteste; insbesondere verwenden es die Druckereien und Färbereien in solcher Menge, dass selbstständige Fabrikanlagen sich allein mit der Darstellung desselben beschäftigen. Wie es durch Auflösen der Bleiglätte in Essig und Abdampfen der Lösung gewonnen wird, ist schon bei Bereitung der Essigsäure

(264) angegeben worden. Der Bleizucker krystallisirt mit 14 Proc. Krystallwasser in farblosen, durchsichtigen, vierseitigen und zweiflächig zugeschärften Säulen. Bei längerer Aufbewahrung in trockner Luft entweicht etwas Wasser und die Krystalle beschlagen weiss, auch wird durch die Kohlensäure der letzteren etwas Essigsäure ausgetrieben und sie geben nun mit Wasser, von dem sie nur $1\frac{1}{2}$ Thle. zur Lösung brauchen, eine trübe Auflösung, die aber durchsichtig wird, wenn man einige Tropfen Essigsäure zusetzt.

Basisch essigsaures Bleioxyd. *Versuch.* Man übergiesse in einem Gläschen 3 Thle. Bleizucker und 1 Thl. feingepulverte Bleiglätte mit 10 Thln. Wasser und lasse das Gemenge unter öfterem Umschütteln einige Tage stehen. Die klar abgegossene, basisch reagirende Flüssigkeit enthält auf 1 Aeq. Essigsäure 3 Aeq. Bleioxyd — daher auch „Drittel-essigsaures Bleioxyd“ genannt — und stellt den zu kühlenden Umschlägen vielfach benutzten Bleiessig (*Extractum Saturni*) der Apotheken dar. In unverschlossenen Gefässen zieht der Bleiessig Kohlensäure aus der Luft an und setzt weisses kohlensaures Bleioxyd ab. Gleiches geschieht beim Vermischen mit Brunnenwasser durch die Kohlensäure des letzteren. Eine solche trübe, aus 1 Thl. Bleiessig und 50 Thln. Brunnenwasser dargestellte Flüssigkeit wird unter dem Namen „Goulard'sches Wasser“ gleichfalls zu Umschlägen benutzt.

Ausser dieser basischen Verbindung giebt es noch ein Halb-, Anderthalb- und Sechstel-essigsaures Bleioxyd.

Andere lösliche Bleisalze.

439. Chlorblei (PbCl). *Versuch.* Man erhitze 5 Grm. Bleioxyd mit 20 Grm. Salzsäure und 20 Grm. Wasser bis zum Kochen und giesse die klare Flüssigkeit von dem Bodensatze in ein Glas ab: man erhält beim Erkalten weisse, glänzende Krystallnadeln von Chlorblei (Hornblei). Dieses Salz löst sich nur sehr schwer im Wasser, man erhält es daher auch als einen krystallinischen Niederschlag, wenn man die Lösung eines Bleisalzes mit Salzsäure oder Kochsalzlösung vermischt.

Casselergelb (Bleioxyd-Chlorblei). *Versuch.* Bringt man in einem eisernen Löffel 8 Grm. Bleiglätte und 1 Grm. Salmiak zum Schmelzen, so bildet sich eine Verbindung von wenig Chlor-

blei mit viel Bleioxyd in der Form einer glänzenden, gelben, blättrigen Masse, die zerrieben ein angenehm gelbes Pulver giebt. Dieses Pulver wurde früher, ehe die schöneren Chromfarben bekannt waren, unter dem Namen Cassler- oder Mineralgelb als Malerfarbe angewendet.

Jodblei (PbJ) bildet goldgelbe, glänzende Blätter, wenn es sich aus einer kochendheissen Lösung abscheidet; in kaltem Wasser ist es noch schwerer löslich als das Chlorblei.

Salpetersaures Bleioxyd (PbO, NO_5) ist schon in 7 Thln. kalten Wasser löslich und krystallisirt in farblosen, regulären Octaedern. Seine Darstellung aus Bleioxyd und Bleimetall wurde schon in 187 und 188 gelehrt.

Kohlensaures Bleioxyd oder Bleiweiss (PbO, CO_2).

440. *Versuch.* Man versetze eine Bleizuckerlösung so lange mit einer Auflösung von Soda, als ein Niederschlag entsteht: der weisse, schwere Niederschlag ist kohlensaures Bleioxyd. Im Mineralreiche kommt diese Verbindung in rhombischen, stark lichtbrechenden Krystallen als „Weissbleierz“ vor.

Die unter dem Namen Bleiweiss bekannte Anstrichfarbe ist ebenfalls kohlensaures Bleioxyd, aber gemengt mit wechselnden Mengen von Bleioxydhydrat (basisch-kohlensaures Bleioxyd). Man bereitet dieses im Grossen auf verschiedene Weise.

a. Nach der englischen Methode rührt man Bleiglätte mit Essig zu einem Breie an, breitet diesen auf einer Steinplatte aus und bläst den Rauch von brennenden Coaks darüber hinweg, dessen Kohlensäure sich mit dem Bleioxyd verbindet. Die Essigsäure spielt hierbei eine ähnliche Vermittlerrolle, wie das Stickoxyd in den Schwefelsäurekammern: sie löst Bleioxyd auf und bietet es dann der Kohlensäure dar; hat sie die erste Portion abgegeben, so löst sie eine zweite auf etc. Man begreift leicht, dass auf diese Weise eine kleine Quantität Essigsäure (oder auch Bleizucker) hinreicht, um nach und nach eine grosse Menge Bleiglätte in Bleiweiss umwandeln zu helfen.

b. Nach der ältesten, der holländischen Methode, werden in einer Kammer eine grosse Menge von Töpfen, in die man etwas Essig giesst, auf eine Unterlage von Strohdünger oder gebrauchte

Lohe gestellt, mit mehren Schichten von Bleiplatten belegt und dann auch oben mit Strohdünger zugedeckt. Nach mehren Monaten findet man die Bleiplatten, wo nicht ganz, doch zum grössten Theile in Bleiweissplatten umgewandelt. Dünger ist verwesendes Stroh, Lohe verwesendes Holz; Verwesung ist eine langsame Verbrennung, oder, was dasselbe ist, eine langsame Verwandlung der organischen Körper in Kohlensäure und Wasser. Bei jeder Verbrennung oder Verwesung wird Wärme frei; diese reicht in dem vorliegenden Falle hin, den Essig allmälig zu verdampfen. In der Luft der Bleiweisskammer sind demnach zugegen: Sauerstoff, Wasserdampf, Essigdampf und Kohlensäure. Denkt man sich, diese Stoffe verbänden sich in der angegebenen Reihenfolge nach einander mit dem Blei, so gelangt man zu der Stufenleiter: 1) Bleioxyd, 2) Bleioxydhydrat, 3) essigsaures Bleioxyd, 4) basisch-kohlensaures Bleioxyd; es bildet sich also zuerst Bleioxyd, welches, ganz so wie bei der vorigen Methode, durch Vermittlung der Essigsäure in kohlensaures Bleioxyd übergeführt wird. Die feinste Sorte dieses Bleiweisses heisst Kremser Weiss.

c. Bei dem französischen Verfahren wird das Bleiweiss auf nassem Wege, durch Einleiten von Kohlensäure in eine Lösung von basisch-essigsaurem Bleioxyd (Bleiessig) erzeugt. Wie man oben (438) gesehen, kann Bleizuckerlösung noch 2 Aeq. Bleioxyd auflösen; diese werden durch die Kohlensäure als Bleiweiss niedergeschlagen, wodurch in der Flüssigkeit wieder neutrales essigsaures Bleioxyd entsteht, welches abermals mit Glätte digerirt und nachher wieder mit Kohlensäure behandelt wird. Mit einem Pfunde Bleizucker kann man auf diese Weise nach und nach viele Pfunde Glätte auflösen und als Bleiweiss wieder niederschlagen. Das nach dieser Methode gewonnene Bleiweiss hat zwar eine blendend weisse Farbe, deckt aber, seiner krystallinischen Beschaffenheit halber, beim Anstreichen nicht so gut, als das durch das englische oder holländische Verfahren dargestellte. Die billigeren Sorten erhält man durch Versetzen des Bleiweisses mit Schwerspathpulver; das letztere bleibt übrig, wenn man das Bleiweiss in verdünnter Salpetersäure auflöst. Beim Erhitzen des Bleiweisses geht Kohlensäure und Wasser fort und der gelbe Rückstand ist Bleioxyd.

Andere unlösliche Bleisalze.

441. Schwefelsaures Bleioxyd (PbO, SO_3). Diese schon in 214 aus ihren Bestandtheilen direct dargestellte Verbindung entsteht auch durch einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft, wenn man zu einer Bleilösung Schwefelsäure oder schwefelsaures Natron tröpfelt. Selbst in mehr als tausendfach verdünnten Bleilösungen erhält man noch eine weisse Trübung, da das schwefelsaure Bleioxyd ein ganz unlösliches Salz ist; wir haben demnach in der Schwefelsäure ein sehr genaues Reagens auf Bleisalze. In grosser Menge gewinnt man dieses Salz als Nebenproduct in den Druckereien bei der Bereitung der essigsauren Thonerde (Thonbeize) aus Bleizucker und Alaun (365).

Phosphorsaures Bleioxyd, mit Chlorblei verbunden, kommt natürlich als Grünbleierz vor.

Kieselsaures Bleioxyd macht einen Hauptbestandtheil des Krystall- und Flintglases und vieler Glasuren aus.

Chromsaures Bleioxyd (Chromgelb) siehe bei Chrom.

Weinsaures Bleioxyd. *Versuch.* Man vermische eine Lösung von 10 Grm. Bleizucker mit einer Lösung von 4 Grm. Weinsäure: der entstandene weisse Niederschlag wird abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet; er ist unlösliches weinsaures Bleioxyd.

Fig. 149.



Pyrophor. *Versuch.* Ein kleines Gläschen mit dünnem Boden wird $1/3$ voll trocknes weinsaures Bleioxyd gefüllt und im Sandbade über einer Weingeistlampe so lange erhitzt, als noch Dämpfe entweichen. Diese riechen brenzlich und brennen mit blauer Flamme, weil viel Kohlenoxydgas in ihnen enthalten ist, welches sich

beim Verkohlen der Weinsäure bildet. Die Weinsäure enthält aber so viel Kohlenstoff, dass ein Theil davon, innig gemengt mit dem entstandenen metallischen Blei, zurückbleibt. Die erhaltene schwarze Masse ist ein Pyrophor, d. h. sie entzündet sich von selbst, wenn man sie auf einen Stein ausschüttet, weil sie ihrer grossen Porosität zufolge mit der grössten Begierde Sauerstoff aus der Luft einsaugt. Das beim Verglühen entstehende gelbe Pulver ist Bleioxyd. Wird das Gläschen, während es noch heiss ist, verstopft, so hält sich die Zündkraft dieses Pyrophors mehre Tage lang.

Blei und Schwefel.

442. Schwefelblei (PbS). *Versuch.* Zu einer Bleizuckerlösung wird Schwefelwasserstoffwasser gegosssen: der tiefschwarze Niederschlag ist Schwefelblei (148); 1 Thl. Bleizucker, in 20,000 Thln. Wasser gelöst, verräth sich auf diese Weise noch durch eine braune Farbe; wir haben in dem Schwefelwasserstoffwasser sonach ein höchst empfindliches Reagens auf Bleisalze. Dieselbe Verbindung erhält man auch auf directem Wege durch Zusammenschmelzen von granulirtem Blei und Schwefel; im Momente der Vereinigung tritt, wie bei dem Schwefeleisen (398), ein Erglühen der Masse ein.

Bleiglanz. In dieser Verbindung mit Schwefel finden wir das Blei am häufigsten in der Natur, und aus ihr allein wird im Grossen das metallische Blei dargestellt. Man nennt dieses Bleierz Bleiglanz und erkennt es leicht an seiner grauschwarzen, glänzenden Farbe, seiner Würfelform und seiner ausserordentlichen Schwere. Der durch Umschmelzen krystallinisch gewordene Bleiglanz führt in den Hüttenwerken den Namen Bleistein.

Darstellung von Blei.

443. Bleiarbeit. Der Schwefel ist in den Schwefelmetallen so fest mit den Metallen verbunden, dass es nicht möglich ist, ihn so leicht wie den Sauerstoff, z. B. durch Glühen mit Kohle, wegzuschaffen. Man muss deswegen einen Umweg einschlagen, nämlich das Schwefelmetall zuerst in ein Sauerstoffmetall oder

Oxyd umwandeln (Röstung) und dann dem Oxyde den Sauerstoff entziehen (Reduction). Zu dem Ende erhitzt man den Bleiglanz anhaltend bei Luftzutritt, wodurch sowohl dessen Blei als dessen Schwefel sich mit Sauerstoff verbinden. Aus Blei wird Bleioxyd, welches zurückbleibt; aus Schwefel wird schweflige Säure, welche entweicht; nächstdem erzeugt sich auch mehr oder weniger schwefelsaures Bleioxyd. Der geröstete Bleiglanz besteht demnach im Wesentlichen aus Bleioxyd, schwefelsaurem Bleioxyd und Schwefelblei. Wird er nun in Flammen- oder Schachtöfen mit Kohle einer starken Glühhitze ausgesetzt, so schmilzt metallisches Blei aus, indem hauptsächlich folgende drei Zerlegungen neben einander stattfinden:

a) aus PbO und C werden Pb und CO;
b) aus $2\,PbO$ und PbS werden $3\,Pb$ und SO_2;
c) aus PbO,SO_3 und PbS werden $2\,Pb$ und $2\,SO_2$.

444. Niederschlagarbeit. Ein zweiter Weg, das Blei vom Schwefel zu befreien, besteht darin, dass man den Bleiglanz ohne vorherige Röstung mit einem Metalle erhitzt, welches grössere Affinität zum Schwefel hat und sich an die Stelle des Bleies setzt. Ein solches Metall ist das Eisen. Aus Schwefelblei und Eisen wird Schwefeleisen und Blei; das erstere ist leichter als das Blei und erstarrt auch leichter, es kann daher ohne Schwierigkeit von dem letzteren getrennt werden. Das Eisen wirkt hier gerade so wie das Zink bei dem folgenden Versuche; 1 Aeq. Eisen vertritt 1 Aeq. Blei, man kann daher mit 28 Pfund Eisen 103,5 Pfund metallisches Blei ausscheiden oder niederschlagen.

Nasse Bleireduction.

445. Eisen und Zink sind die chemisch kräftigsten oder stärksten Metalle; sie können nicht nur, wie bei dem vorigen Versuche, das Blei in der Glühhitze aus seinen Schwefelverbindungen verdrängen und sich an dessen Stelle setzen, sondern auch aus seinen Verbindungen mit Sauerstoff und Säuren, aus Lösungen von Bleisalzen.

Bleibaum. *Versuch.* Man löse 20 Grm. Bleizucker in der 12fachen Menge Wasser, kläre die Flüssigkeit durch einige Tropfen Essigsäure, giesse sie in ein weisses Fläschchen und hänge dann

in letzteres einen Zinkstab hinein, den man an dem Korke befestigt: das Zink wird sich bald mit einem grauen Ueberzuge bedecken, aus dem nach und nach glänzende Metallflitter hervorwachsen, die endlich den Rand des Glases erreichen. Sie bestehen aus reinem Blei (Bleibaum). Nach 24 Stunden findet sich keine Spur von Blei mehr in der Flüssigkeit gelöst, sondern dafür essigsaures Zinkoxyd; das stärkere Zink hat dem schwächeren Blei allen Sauerstoff und alle Essigsäure entzogen. An diesem Versuche sieht man nicht nur die verschiedene Affinitätsstärke dieser beiden Metalle recht deutlich, sondern er ist auch ein sehr schönes Beispiel von der stöchiometrischen Gesetzmässigkeit der chemischen Verbindungen und Zersetzungen; denn man hat nur nöthig, das gebildete Blei und die Zinkstange vor und nach dem Versuche zu wägen, um zu finden, dass das Gewicht des ausgeschiedenen Bleies sich zu dem Zinkverluste wie 103,5 zu 32,6 verhält. 1 Aeq. Blei ist also durch 1 Aeq. Zink ersetzt worden.

Fig. 150.



Kupfer, Cuprum (Cu).

(Aeq. Gew. = 31,7 — Specif. Gew. = 8,8.)

— Im Alterthume noch vor dem Eisen bekannt. —

446. Das Kupfer holte man sich im Alterthume hauptsächlich von der Insel Cypern, wo sich Kupfererze in grosser Menge vorfanden; hieraus erklärt sich der Name Cuprum oder cyprisches Metall. Als man es später für gut fand, den Metallen mythologische Namen beizulegen, erhielt das Kupfer den Namen der Schutzgöttin von Cypern, Venus, und deren Zeichen ♀. Das Kupfer besitzt mehre vortreffliche Eigenschaften, die es zu einem überaus nützlichen Metalle gemacht haben, nämlich:

a) Es ist dehnbar und dabei zugleich sehr haltbar und zähe; man kann es daher zu Blech aushämmern, welches, selbst wenn es sehr dünn ist, doch noch fest zusammenhält.

b) Es **schmilzt schwer** (erst bei einer Hitze über 1000° C.); deswegen eignet es sich vortrefflich zu Geräthen, die dem Feuer ausgesetzt werden sollen, z. B. zu Kesseln, Pfannen, Blasen, Gussformen etc.

c) Es leidet an der Luft **durch Rosten weniger als Eisen**; die kupfernen Geschirre haben deswegen eine viel längere Dauer als die eisernen. Mit Kupferblech beschlägt man das Holz der Seeschiffe und die Dächer von Thürmen und anderen Gebäuden.

d) Es ist ziemlich **hart** und nutzt sich daher beim Gebrauche zu Kupferstichplatten und Druckwalzen nur langsam ab.

e) Es giebt mit Zink, Zinn und Nickel sehr brauchbare **Legirungen**, z. B. Messing, Tombak, Bronze, Glockenspeise, Kanonenmetall, Neusilber etc.

f) Es wird aus seinen Lösungen durch den galvanischen Strom als eine feste, zusammenhängende Masse niedergeschlagen; auf diese Weise stellt man sich die in neuerer Zeit so bekannt gewordenen **galvanoplastischen Abdrücke** von anderen Körpern dar.

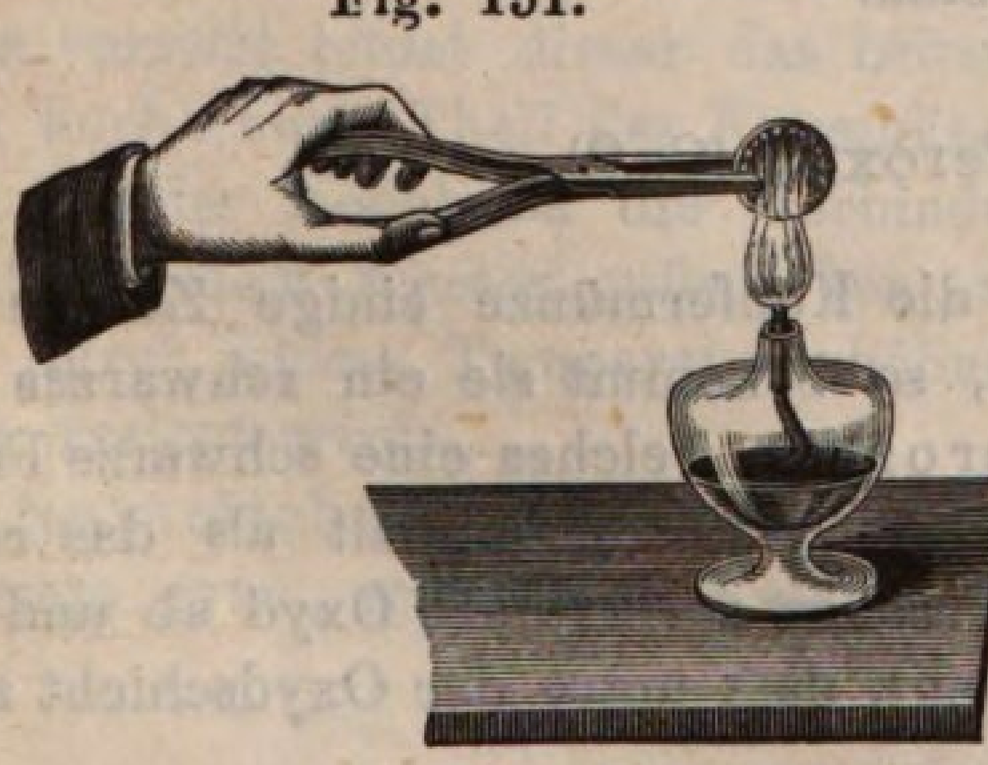
g) Es liefert mit Sauerstoff und mehren Säuren unlösliche Verbindungen von schön **grüner** und **blauer** Farbe, die vielfach in der Malerei benutzt werden.

Obwohl das Kupfer keinen Geruch besitzt, so ertheilt es doch schweissigen Händen und dem Wasser, das lange (z. B. in kupfernen Blasen oder Kesseln) darin gestanden hat, einen eigenthümlichen, unangenehmen Geruch.

Kupferoxydul (Cu_2O).

447. Aus Kupfer. *Versuch.* Man halte eine blank geriebene Kupfermünze über eine **Weingeistflamme**: es tritt ein Farbenwechsel von Gelb in Purpurroth, Violett und Blau ein, der endlich mit Schwarzgrau endigt. Besonders schön zeigen sich diese Regenbogenfarben, wenn man die Münze, mit dem

Fig. 151.



Rande nach oben gekehrt, mitten in die Flamme hineinhält und sie darin hin- und herbewegt: in dem Kerne der Flamme verschwindet dann der Ueberzug, er kommt aber augenblicklich wieder zum Vorschein, so wie die Münze in den äusseren Mantel der Flamme oder ausserhalb desselben gelangt. Löscht man jetzt die Münze schnell in Wasser ab, so wird sie braunroth; dieser rothe Ueberzug ist Kupferoxydul. Man bringt auf Kupfermedaillen einen solchen Ueberzug oft absichtlich hervor, weil er an der Luft unveränderlicher ist als das glänzende Kupfermetall (Bronziren des Kupfers, Bronzemedaillen). Wirft man Kupferoxydul in schmelzendes Glas, so färbt sich dasselbe blutroth; auf diese Weise erzeugt man in den Glashütten das schöne, rothe Ueberfangglas. Hieraus erklärt sich auch die rothe Farbe der beim Aus- und Umschmelzen des Kupfers entstehenden Schlacken. Das Rothkupfererz ist natürlich vorkommendes Kupferoxydul.

Aus Kupferoxyd. *Versuch.* Zu einer verdünnten Lösung von Kupfervitriol setze man ein wenig gestossenen Milchzucker und dann etwas mehr Kalilösung als zum Niederschlagen des Kupferoxydhydrats nöthig ist, und erwärme das Gemisch: die blaue Farbe wird bald in Grün, Gelb, Orange, zuletzt in Roth übergehen. Der entstandene rothe Niederschlag ist Kupferoxydul, welches aus dem Kupferoxyd entsteht, weil der Zucker im Stande ist, diesem die Hälfte Sauerstoff zu entziehen. Schöner roth erhält man dasselbe, wenn man Grünspan mit Essig kocht und zu der erhaltenen Lösung etwas Honig bringt und abermals kocht. Es erklärt sich hieraus leicht, warum sich aus dem *Oxymel Aeruginis* der Pharmacie immer ein rother Absatz bildet; bei dieser langsamen Ausscheidung erscheint derselbe oft in deutlichen kleinen Krystallen. Kupferoxydulhydrat ist gelb und wird an der Luft bald blau.

Kupferoxyd (CuO).

448. *Versuch.* Wird die Kupfermünze einige Zeit in der Spitze der Flamme gelassen, so bekommt sie ein schwarzes Ansehen; es bildet sich Kupferoxyd, welches eine schwarze Farbe hat und noch einmal so viel Sauerstoff enthält als das rothe Oxydul. Beim schnellen Ablöschen springt das Oxyd ab und das rothe Ansehen der Münze zeigt, dass unter der Oxydschicht auch

noch Oxydul zugegen ist. Durch langes Erhitzen lässt sich die ganze Masse der Münze in Oxydul, durch noch längeres endlich vollständig in Oxyd verwandeln. Der in den Werkstätten der Kupferschmiede abfallende Glühspan (Kupferhammerschlag) besteht aus einem Gemenge von Oxydul mit Oxyd. Reines Oxyd s. 452.

Glasfärben. *Versuch.* Man reibe ein wenig Borax mit einem Krümelchen des abgesprungenen schwarzen Kupferoxyds zusammen und schmelze daraus mit dem Löthrohre auf einem Platindrahte eine Perle: das Kupferoxyd wird sich in dem Boraxglase auflösen und dasselbe grün färben. Auch hiervon macht man Anwendung in der Glas- und Porcellanmalerei. In der inneren Flamme geht das Grün in Roth über, weil daselbst das Kupferoxyd zu Kupferoxydul reducirt wird.

Organische Analyse. Wegen dieser Eigenschaft des Kupferoxyds, in der Glühhitze Sauerstoff abzugeben, benutzt man es bei der Analyse organischer Körper, um deren Kohlenstoff und Wasserstoff so zu verbrennen, dass man die Verbrennungsproducte (Kohlensäure und Wasser) sammeln und wägen kann.

Auch auf nassem Wege lässt sich das Kupferoxyd leicht darstellen, dann hat es aber eine ganz andere Farbe.

Kupferoxydhydrat (CuO, HO).

449. *Versuch.* Zu einer Lösung des bereits bekannten Kupfervitriols oder schwefelsauren Kupferoxyds tröpfle man eine Auflösung von kaustischem Kali: ein grünlichblaues Pulver fällt nieder, es ist Kupferoxydhydrat, in der Flüssigkeit bleibt das mit erzeugte schwefelsaure Kali gelöst. Ammoniak zeigt in diesem Falle ein ganz anderes Verhalten als Kali, es giebt eine dunkelblaue Flüssigkeit (451). Das schwarze Oxyd giebt also, chemisch mit Wasser verbunden, einen blauen Körper. Mit Gyps versetzt bildet dieser das bekannte lockere Bremerblau. Man koche einen Theil der Flüssigkeit: sie wird schwarz werden, weil bei der Kochhitze die Verbindung zwischen dem Kupferoxyd und dem Wasser aufgehoben wird, abermals ein Beispiel, wie durch blosse Temperaturerhöhung eine chemische Verbindung zerlegt wird.

Natürlicher Grünspan. An feuchter Luft wird das Kupfer langsam grau, später grün; der erzeugte grünblaue Kupferrost

ist der Hauptsache nach ebenfalls Kupferoxydhydrat, jedoch gemengt mit etwas kohlensaurem Kupferoxyd, da das Kupfer, ähnlich wie das Zink, nicht bloss Sauerstoff und Wasser, sondern auch etwas Kohlensäure aus der Luft anzieht. Der Kupferrost ist sonach basisch kohlensaures Kupferoxydhydrat (453).

Kupfer und Säuren.

450. Verdünnte Säuren lösen das Kupfer nicht auf, veranlassen aber unter Mitwirkung der Luft die Bildung grüner Ueberzüge (basischer Salze) auf der Oberfläche desselben. Concentrirte Schwefelsäure löst es beim Erhitzen auf unter Bildung von schwefliger Säure (217), Salpetersäure schon in der Kälte unter Bildung von Stickstoffoxyd (193); Salzsäure wirkt nur schwach darauf ein, löst aber das Oxyd mit Leichtigkeit auf, Chlor verbindet sich begierig damit (174). Bei diesen Einwirkungen können Kupferoxydsalze oder Kupferoxydulsalze entstehen; die letzteren sind von geringer praktischer Bedeutung und werden hier übergangen.

Die Kupferoxydsalze kommen gewöhnlich wasserhaltig vor und sind dann blau oder grün, bei Entziehung des Wassers werden sie meist schmutzigweiss; ihr Geschmack ist unangenehm metallisch. Durch Ammoniak wird ihre Lösung tief blau gefärbt, durch Blutlaugensalz wird braunrothes Kupfereisencyanür (410), durch einen blanken Eisenstab metallisches Kupfer (175) daraus abgeschieden; die Weingeistflamme färben sie grün oder blau. Die Kupfersalze sind heftige Gifte. Bei Anwendung kupferner Kochgeschirre ist darauf zu halten, dass sie vor dem Gebrauche immer blank geputzt sein müssen und dass Speisen nie darin erkalten und länger verweilen dürfen. Als wirksame Gegenmittel sind in Vergiftungsfällen Eiweiss und Milch anzuwenden.

Schwefelsaures Kupferoxyd oder Kupfervitriol ($CuO, SO_3 + 5HO$).

451. Nächst dem Grünspan ist dieses Salz, welches auch die Namen blauer Vitriol und blauer Galitzenstein führt, das

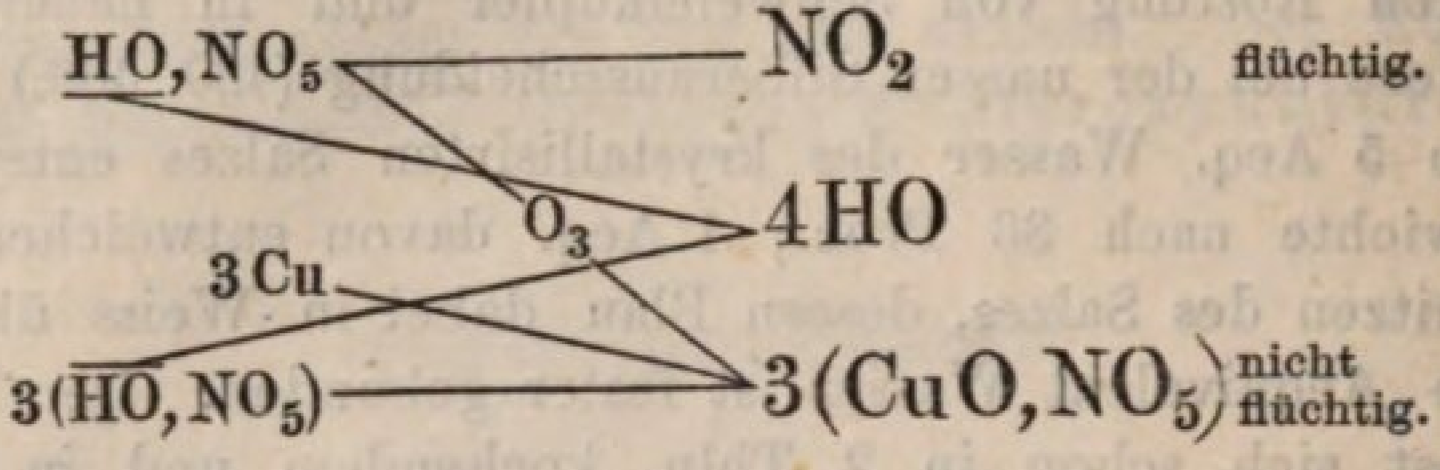
im gewerblichen Leben am meisten gebrauchte Kupfersalz, dessen Bereitung aus Kupferasche schon in 214, die aus Kupfermetall in 217 und 220 angegeben worden. Im Grossen wird es auch durch Röstung von Schwefelkupfer und in neuerer Zeit insbesondere bei der nassen Silberausscheidung (480. 486.) gewonnen. Die 5 Aeq. Wasser des krystallisirten Salzes entsprechen dem Gewichte nach 36 Proc.; 4 Aeq. davon entweichen leicht beim Erhitzen des Salzes, dessen Blau dabei in Weiss übergeht, das letzte Aequivalent Wasser ist fester gebunden. Der Kupfervitriol löst sich schon in 2 Thln. kochendem und in 4 Thln. kaltem Wasser auf.

Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak ($CuO, SO_3 + 2 NH_3 + HO$). *Versuch.* Zu einer concentrirten Lösung von Kupfervitriol tröpfle man Salmiakgeist: es entsteht, ähnlich wie durch Kali in 449, ein hellblauer Niederschlag, der jedoch hier aus basisch schwefelsaurem Kupferoxyd besteht und bei weiterem Zusatz von Ammoniak sich zu einer prachtvoll blauen Flüssigkeit auflöst. Ammoniak ist deshalb ein Reagens auf Kupfersalze. Auf die blaue Flüssigkeit wird die doppelte Menge von starkem Weingeist am Rande des Glases herabgegossen, so dass er auf der ersteren schwimmen bleibt: man wird nach 24 Stunden eine Menge dunkelblauer Krystallnadeln im Glase wahrnehmen, die aus einer Verbindung von Kupfervitriol mit Ammoniak bestehen und schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak genannt werden. Durch Auflösen derselben in Wasser erhält man das sogenannte Blauwasser der Apotheken. Der Weingeist bewirkt dasselbe, was man sonst durch Einkochen erreicht, nämlich eine Entfernung des Wassers; er entzieht der blauen Flüssigkeit einen Theil ihres Wassers, und das Doppelsalz, welches in Weingeist unlöslich ist, wird ausgeschieden. Auf diese Weise kann man auch anderen Salzlösungen ihr Wasser entziehen, die beim Verdampfen des Wassers durch Wärme eine Zersetzung erleiden würden.

Salpetersaures Kupferoxyd ($CuO, NO_5 + 3 HO$).

452. Kupfer und Salpetersäure. In Salpetersäure löst sich das Kupfer mit der grössten Leichtigkeit zu einer blauen Flüssigkeit auf (193); durch Hinstellen der Lösung an einen war-

men Ort setzen sich daraus **blaue** Krystalle von **salpetersaurem Kupferoxyd** ab, die leicht an der Luft zerfliessen. Der beim Auflösen des Kupfers wie der meisten anderen Metalle in Salpetersäure stattfindende Vorgang wird durch das beistehende Schema erläutert. Dass das dabei entweichende Stickoxydgas, so wie es an die Luft tritt, zu salpetriger Säure wird, ist bekannt. In der Glühhitze wird das salpetersaure Kupferoxyd vollständig zersetzt und es bleibt **reines Kupferoxyd** zurück, das man sich gewöhnlich auf diesem Wege darstellt.



Versuch. Man wickle einige Krystalle von salpetersaurem Kupferoxyd, mit einem Tropfen Wasser angefeuchtet, schnell in ein Blättchen von **Stanniol** ein und lege das zusammengedrückte Päckchen auf einen Stein: es wird bald unter Aufsprudeln Flamme und Rauch aus demselben hervorbrechen, weil das Zinn sich der Salpetersäure bemächtigt und durch deren Sauerstoff zu Zinnoxyd oxydirt wird.

Kohlensaures Kupferoxyd.

453. Halb-kohlensaures ($2CuO, CO_2 + HO$). *Versuch.* Zu einer warmen Lösung von Kupfervitriol setze man eine Lösung von kohlensaurem Natron: es entsteht ein hellblauer Niederschlag, der nach einiger Zeit eine **grüne** Farbe annimmt und eine dem natürlichen Grünspan ähnliche Zusammensetzung hat. Man benutzt ihn unter dem Namen **Mineralgrün** in der Oelmalerei. Den gleichen Namen führt aber auch das arsensaure Kupferoxyd. In Sibirien kommt dieselbe Verbindung in ganzen Lagern in der Erde vor und heisst dann **Malachit**. Aus ihr hauptsächlich wird das durch Reinheit ausgezeichnete russische Kopeken-Kupfer gewonnen; auch benutzt man die schön marmorirten Arten davon wie den Marmor zu Kunstsachen und zur Verzierung von Palästen etc.

Zweidrittel-kohlensaures ($3CuO, 2CO_2 + HO$). Diese Verbindung kommt in tiefblauen Krystallen in der Natur vor und führt den Namen Kupferlasur. Das fein gepulverte oder künstlich dargestellte Mineral heisst Bergblau und wird als Malerfarbe gebraucht, besonders in der Stubenmalerei, da seine Farbe durch den Kalk der Wände nicht verändert wird, wie die des Berlinerblaues.

Neutrales kohlensaures Kupferoxyd, (CuO, CO_2), ist noch unbekannt; man kann jedoch Malachit als eine Verbindung davon mit gleichem Aequivalent Kupferoxydhydrat, und Kupferlasur mit $\frac{1}{2}$ Aeq. Kupferoxydhydrat ansehen.

Essigsaures Kupferoxyd oder Grünspan.

454. Basischer oder roher Grünspan. *Versuch.* Besprengt man eine Kupfermünze von Zeit zu Zeit mit Essig, so überzieht sie sich nach und nach mit Grünspan; dies ist aber eine andere Art von Grünspan als der in 449. erwähnte. Rostet Kupfer durch die Feuchtigkeit der Luft oder der Erde allein, so entsteht basisch kohlensaures Kupferoxyd, beim Rosten durch Essig aber basisch essigsaures Kupferoxyd, indem der Sauerstoff der feuchten Luft das Kupfer an der Oberfläche in Kupferoxydhydrat umwandelt und dieses sich theilweise mit Essigsäure verbindet. Die gebildete grüne Kruste liefert zusammengeknetet den in Kugeln oder Broden vorkommenden Grünspan des Handels, den man als Farbe und zur Bereitung von Farben etc. mannigfach benutzt. Im Grossen bereitet man ihn entweder direct aus Kupfer und Essig (grüner oder deutscher Grünspan) oder indirect durch Einpacken von Kupferblech in Weintrester, wobei der in den ausgepressten Schalen oder Stielen der Trauben hängen gebliebene Saft allmälig in Essig übergeht (blauer oder französischer Grünspan).

Neutrales Salz oder krystallisirter Grünspan ($CuO, \bar{A} + HO$). *Versuch.* Kocht man den Grünspan mit starkem Essig, so erhält man eine blaue Lösung von neutralem essigsauren Kupferoxyd, aus der sich dieses Salz in dunkel blaugrünen Krystallen abscheidet, welche sich in Wasser ziemlich leicht lösen und bei längerem Aufbewahren durch einen grünen, pulverigen Ueberzug trübe werden.

Weitere Kupfersalze.

455. Kupferchlorid ($CuCl + 2HO$). *Versuch.* Wird Kupferasche mit Salzsäure erwärmt, so erhält man eine schön grüne Lösung und daraus durch Abdampfen und Abkühlen grüne, säulenförmige Krystalle von Kupferchlorid. Man bringe etwas davon in den Docht einer Weingeistlampe: es löst sich in Weingeist auf und färbt die Flamme grün. Eine wässerige Lösung wird bei stärkerer Verdünnung mit Wasser blau; man schreibe mit einer solchen verdünnten Lösung auf Papier: die Schrift wird nach dem Trocknen nicht zu erkennen sein, beim Erwärmen des Papiers aber mit gelber Farbe zum Vorschein kommen, indem sich gelbbraunes wasserfreies Chlorid erzeugt. Also ein ähnlicher Vorgang wie bei der sympathetischen Kobalttinte (420). Beim Verbrennen von Messingdraht in Chlorgas im Versuche 174 c. wurde ebenfalls Kupferchlorid gebildet. Das farblose, unlösliche Kupferchlorür (Cu_2Cl) ist dadurch bemerkenswerth, dass es an der Luft grün, im Sonnenlichte aber kupferfarben und metallisch glänzend wird.

Cyankupfer ist in dem braunrothen Niederschlage enthalten, welchen Blutlaugensalz in Kupferoxydsalzen hervorbringt.

Mit Phosphorsäure, Kieselsäure, Arsensäure und Oxalsäure giebt das Kupferoxyd unlösliche, blaue oder grüne Verbindungen, von denen mehre als seltene Mineralien vorkommen.

Arsensaures und arsenigsaures Kupferoxyd (Scheel'sches und Schweinfurter Grün) siehe bei Arsen.

Kupfer und Schwefel.

456. Einfach-Schwefelkupfer (Sulfuret = CuS). *Versuch.* Zu der Lösung irgend eines Kupfersalzes wird Schwefelwasserstoffwasser, oder auch Schwefelammonium, gegossen: es erfolgt ein schwarzer Niederschlag von Schwefelkupfer (CuS). In höchst verdünnten Lösungen entsteht anfänglich nur eine braune Färbung der Flüssigkeit. In der Analyse wird das Kupfer auf diesem Wege aus seinen Lösungen abgeschieden und von anderen Elementen getrennt. Will man den Niederschlag auf nassem Wege weiter prüfen, so erhitzt man ihn, nachdem man ihn abfiltrirt und ausgewaschen, mit Wasser und einigen Tropfen Salpetersäure

oder Salzsäure: das Schwefelkupfer wird zerlegt und aufgelöst, indem sich salpetersaures Kupferoxyd oder Kupferchlorid bildet und der Schwefel abscheidet. Es ist dies eine allgemeine Methode, um die durch Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelammonium erzeugten unlöslichen Schwefelmetalle wieder in auflösliche Salze umzuwandeln.

Halb-Schwefelkupfer (Subsulfuret $= Cu_2S$). Entsteht leicht aus dem vorigen, wenn man es gelinde erhitzt, indem die Hälfte des Schwefels davon weggeht. Dieselbe Verbindung wurde schon früher als eine schwarzgraue, krystallinische Masse direct aus Schwefelgas und Kupfer gewonnen (143). In der Natur findet sie sich als Kupferglanz. Häufiger noch tritt hier der messinggelbe, metallglänzende Kupferkies und das braunrothe, oft blau angelaufene Buntkupfererz auf, welche aus Schwefelkupfer und Schwefeleisen bestehen. In dem schwarzen Kupferschiefer (Mansfeld) sind diese beiden Schwefelmetalle mit bituminösem Thon und Kalk, im Fahlerz mit Schwefelzink, Schwefelarsen, Schwefelsilber u. a. m. gemengt.

Darstellung von Kupfer.

457. Aus schwefelhaltigen Erzen. In Deutschland kommen nur die in voriger Nummer namentlich aufgeführten fünf Schwefelverbindungen des Kupfers, am häufigsten der Kupferkies, in solcher Menge vor, dass man sie zur Gewinnung dieses Metalls benutzen kann. Die Aufgabe für den Hüttenmann ist hier eine weit schwierigere als bei der Verhüttung sauerstoffhaltiger Erze, denn es müssen nicht nur grosse Mengen von Schwefel, sondern auch von Eisen weggeschafft werden, ehe der Reductions- und Schmelzprocess des Kupfers stattfinden kann. Man löst diese Aufgabe: 1) durch Rösten an der Luft, wobei das Kupfer sich in Kupferoxyd, das Eisen in Eisenoxyduloxyd, der Schwefel in schweflige Säure verwandelt; 2) durch Niederschmelzen des gerösteten Erzes mit Kohle und Quarz, wobei aus dem Kupferoxyd und der Kohle Kupfermetall und Kohlenoxydgas, aus dem Eisenoxydul und dem Quarz aber kieselsaures Eisenoxydul (Eisenglas oder Schlacke) gebildet werden. Was hier so einfach erscheint, erfolgt aber in der Wirklichkeit so schwierig, dass oft ein 10- bis 20maliges abwechselndes Rösten und Schmelzen dazu gehört, um alles Eisen und allen Schwefel zu entfernen.

Die geschmolzene Masse, die man erhält, wenn ungefähr die Hälfte Eisen und Schwefel abgeschieden ist, wird Kupferstein genannt; Schwarzkupfer aber dann, wenn sie von diesen beiden Stoffen nur noch ungefähr 5 Proc. enthält. Das Schwarzkupfer wird durch längeres Schmelzen an der Luft, wobei sich Eisen, Schwefel und die etwa ausserdem vorhandenen fremden Metalle, z. B. Blei und Antimon, eher oxydiren als das Kupfer, vollends gereinigt oder gar gemacht. Ist das Schwarzkupfer silber- und goldhaltig, so wird es noch dem Saigerungs- oder dem Affinirprocesse unterworfen (480. 486.).

Aus oxydischen Erzen. Ungleich leichter ist das Ausschmelzen aus denjenigen Kupfererzen, die statt mit Schwefel mit Sauerstoff verbunden sind, z. B. aus Rothkupfererz, Malachit etc. Diese werden in einem Schachtofen mit Kohle und einem Zuschlage, der mit der Gangart leichtflüssige Schlacke erzeugt, verschmolzen. Solche Erze kommen aber lange nicht häufig genug in der Natur vor, um daraus so viel Kupfer zu gewinnen, als man braucht.

Reductionsprobe. *Versuch.* Man verreibe einige Krümel von Kupfervitriol, Soda und Kohle mit einander, erhitze das Gemenge einige Minuten lang stark mit dem Löthrohre auf Kohle, und schlämme dann die zerriebene schwarze Masse mit Wasser: auf dem Boden des Gefässes werden zahllose kleine Flitterchen von metallischem Kupfer übrig bleiben. Die Soda entzieht dem Kupfervitriol seine Schwefelsäure, die Kohle dem Kupferoxyd seinen Sauerstoff. Selbst sehr kleine Mengen von Kupfer lassen sich auf diese Weise erkennen.

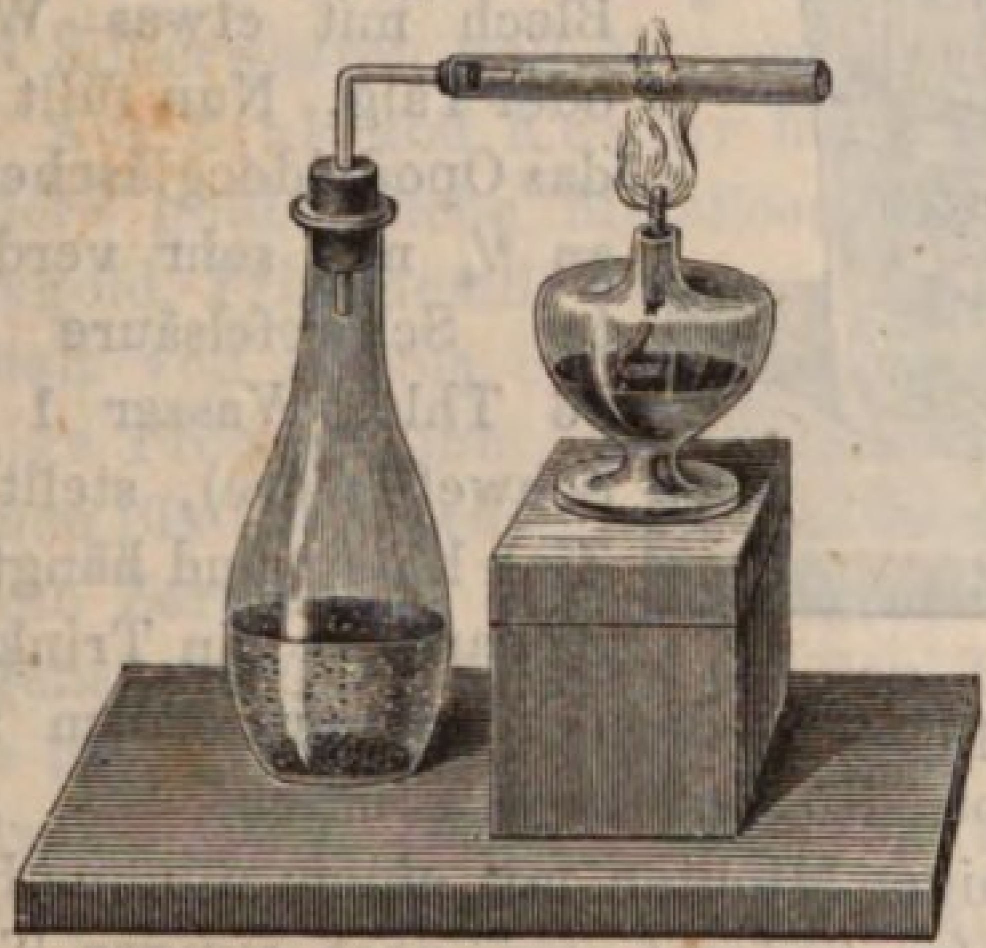
Nasse Reductionsproben.

458. Reduction durch Zink. *Versuch.* Werden in einem Porcellanschälchen 20 Grm. Kupfervitriol mit 60 Grm. Wasser zum Sieden erhitzt und dann noch einige Minuten lang mit etwas granulirtem Zink gekocht, so scheidet sich gleichfalls metallisches Kupfer, und zwar in Pulverform aus, da das Zink eine grössere Affinität zum Sauerstoff und zur Schwefelsäure hat als das Kupfer. Aus CuO, SO_3 und Zn werden ZnO, SO_3 und Cu. Das erhaltene Pulver wird abgewaschen und dann noch mit Wasser und einigen Tropfen Schwefelsäure ausgekocht, um alles Zink

zu entfernen. Das Trocknen desselben muss rasch, aber nicht bei starker Wärme vorgenommen werden, da das Kupfer in dieser feinzertheilten Gestalt den Sauerstoff begieriger anzieht, als wenn es compacte Massen bildet.

459. Reduction durch Wasserstoff. *Versuch.* Man schütte etwas Kupferoxydhydrat in ein Probirgläschen, dessen Boden durchbrochen ist, erwärme es und leite dann Wasserstoffgas, welches aus Zink und verdünnter Schwefelsäure entwickelt wird, darüber hinweg: der Wasserstoff entzieht in der Hitze dem Kupferoxyd seinen Sauerstoff und bildet damit Wasser, welches gemeinschaftlich mit dem Hydratwasser entweicht. Diese Methode benutzt man häufig, um im Kleinen Metallreductionen vorzunehmen.

Fig. 152.



460. Reduction durch Galvanismus. *Versuch.* Man stosse mit einer eisernen Stange so stark in ein grösseres Opodeldocglas, dass der Boden desselben abspringt, stumpfe die scharfen Ränder der entstandenen Oeffnung mit einer Feile ab und überbinde die ursprüngliche Oeffnung des Glases mit angefeuchteter Blase. Um das Glas wird ein Draht gelegt, den man so fest zusammendreht, dass er genau an dem Glase anschliesst (Fig. 153) und zugleich auf zwei oder drei Seiten Handhaben bildet, mittelst deren dasselbe in ein Trinkglas gehangen werden kann.

Fig. 153.



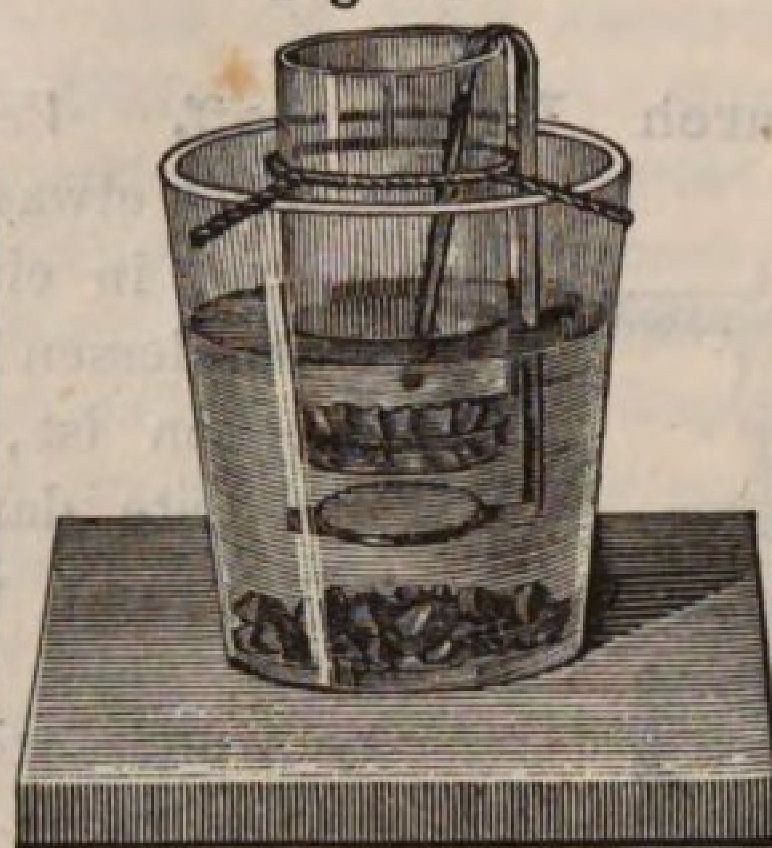
Ausserdem lasse man sich einen fingerbreiten und 5 Zoll langen Streifen von starkem Zinkblech mit einem 10 Zoll langen Streifen von dünnem Kupferblech zusammenlöthen und biege das erhaltene Blechband so,

wie es Fig. 155 angiebt. Auf den unteren, horizontalen Theil des Kupferstreifens legt man eine Münze, z. B. einen blanken Thaler oder einen anderen Gegenstand von Metall, von dem man einen Kupferabdruck haben will. Da, wo sich kein Kupfer ansetzen soll, überzieht man Münze und Blech mit etwas Wachs oder Talg. Nun füllt man das Opodeldocgläschen bis zu $^3/_4$ mit sehr verdünnter Schwefelsäure (auf 16 Thle. Wasser 1 Thl. Schwefelsäure), stellt das Zink hinein und hängt den Apparat in ein Trinkglas, in das man gesättigte Kupfervitriollösung und ausserdem noch einige ganze Krystalle von Kupfervitriol gebracht hat. Die Münze wird schon nach einigen Minuten mit einem dünnen Häutchen von metallischem Kupfer bedeckt sein, nach einigen Tagen aber mit einer mehre Linien dicken Schicht, die man als ein zusammenhängendes Ganze abnehmen kann. Der erhaltene vertiefte Abdruck kann auf gleiche Weise wieder statt der Münze als Form benutzt werden, um einen erhabenen Abdruck zu gewinnen. Hat die Gasentwickelung in dem Opodeldocgläschen aufgehört, so setzt man einige Tropfen starke Schwefelsäure unter Umrühren hinzu, oder ersetzt die Flüssigkeit, die schwefelsaures Zinkoxyd aufgelöst enthält, durch frische verdünnte Schwefelsäure. Statt der Schwefelsäure kann auch Salzwasser angewendet werden, nur erfolgt dann die Kupferausscheidung langsamer.

Fig. 155.



Fig. 154.



Was hier die Zersetzung des Kupfervitriols bewirkt, das ist der *galvanische Strom*, der sich immer erzeugt, wenn verschiedenartige Metalle sich berühren oder in verschiedene Flüssigkeiten getaucht werden. Die Blase ist ein poröser Körper, durch welchen die galvanische Strömung durchzugehen vermag. Der Galvanismus vertritt also hier die Stelle des bildenden Künstlers, daher der Name *Galvanoplastik*. Auf ähnliche Weise wird auch eine Gold- oder Silberlösung zerlegt (galvanische Vergoldung und Versilberung)

Kupferlegirungen.

461. Das Kupfer bildet mit mehren anderen Metallen sehr wichtige Legirungen.

Gold und Kupfer geben zusammen das gewöhnliche Gold, Silber und Kupfer das gewöhnliche Silber, woraus die Gold- und Silberwaaren und Münzen gemacht werden.

Aus Zink und Kupfer besteht das bekannte Messing und andere goldähnliche Metallcompositionen, als: Tombak, Similor, Neugold, Prinzmetall, Rothguss etc. In ihnen steigt der Kupfergehalt von 50 bis 80 Proc. Zur Statuenbronze kommen noch einige Procent Zinn. Durch Ausschlagen des Tombaks zu ganz feinen Blättchen erhält man das unächte Blattgold (Goldschaum); durch Zertheilung dieses Blattgoldes zu einem zarten Staube die sogenannte Goldbronze für den Buch- und Steindruck. Wird das goldfarbene Bronzepulver gelind erhitzt, bis es purpurroth angelaufen ist, so entsteht daraus die Purpur- oder Kupferbronze. Eine sehr feste Legirung aus Zink, Kupfer und Eisen, Aichmetall genannt, findet neuerdings bei dem Schiffsbau nützliche Anwendung.

Zink, Nickel und Kupfer bilden die Bestandtheile des Neusilbers (Packfong oder Argentan).

Zinn und Kupfer geben eine sehr harte graue Legirung, aus der man Bildsäulen, Kanonen, Glocken, Spiegel u. a. m. giesst (Bronze [alte], Kanonenmetall, Glockenspeise, Spiegelmetall).

Aus Aluminium und Kupfer bereitet man die schön gelbe Aluminiumbronze, die jetzt vielfach zu Schmucksachen verwendet wird.

Quecksilber, *Hydrargyrum* (Hg).

(Aeq.-Gew. = 100. — Specif. Gew. = 13,6.)

— Schon im Alterthume bekannt. —

462. In dem Quecksilber haben wir das einzige Metall, welches bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist; dies und sein silberähnlicher Glanz sind Ursache, warum es Hydrargyrum

(Wassersilber oder flüssiges Silber) genannt wurde. Nur in höchst feinzertheiltem Zustande nimmt es die Form eines grauen Pulvers an. Seine Beweglichkeit gab später Veranlassung, es dem beweglichsten der alten Götter, dem Mercur, zu widmen und ihm mit dessen Namen zugleich das Zeichen ☿ zu verleihen. Die Namen: *Mercurius vivus* (lebendiges Quecksilber) für metallisches Quecksilber, *Mercurius dulcis* (mildes Quecksilber) für Quecksilberchlorür, *Mercurius corrosivus* (ätzendes Quecksilber) für Quecksilberchlorid, und Mercurialpräparate für Quecksilberverbindungen etc. werden noch jetzt, besonders in der Medicin, häufig gebraucht. In dem nördlichen Sibirien wird das Quecksilber in jedem Winter fest, so wie die Kälte — 40° C. oder 32° R. erreicht; bei uns aber erzwingen wir dies nur durch künstliche Frostmischungen. Hiermit steht auch sein Verhalten in der Hitze im Einklange: es kocht nämlich schon bei 360° C. (also nur $3^1/_2$mal schwerer als Wasser) und ist daher leicht zu verflüchtigen und zu destilliren; sein Dampf ist 7mal schwerer als der des Wassers. Mit Blei, Zinn oder Wismuth verunreinigtes Quecksilber hinterlässt jene hierbei als Rückstand. Durch das im Vergleich zu Wasser schwere Gefrieren und schwere Kochen des Quecksilbers, wie durch sein grosses specifisches Gewicht, wird dieses Metall zu einem vortrefflichen Material zur Bereitung von Thermometern, Barometern und Aräometern. Bei den Aräometern oder Senkwagen hat es hauptsächlich die Bestimmung, den Schwerpunkt dieser Instrumente nach unten zu ziehen, um sie dadurch zu zwingen, in senkrechter Lage zu schwimmen. Bei weniger genauen Senkwagen vertritt oft Bleischrot die Stelle des Quecksilbers.

Verdunstung und Giftigkeit des Quecksilbers. *Versuch.* In den Kork eines Quecksilbergefässes stecke man ein Hölzchen, woran man unten etwas ächtes Blattgold gedrückt hat: das Gold wird nach einigen Tagen eine weisse Farbe angenommen haben und in eine Legirung von Gold und Quecksilber umgewandelt sein. Man ersieht hieraus, dass in der Luft des Gefässes Quecksilberdampf enthalten sein muss und dass das Quecksilber, ähnlich dem Wasser, schon bei gewöhnlicher Temperatur langsam verdampfen kann. Quecksilberdampf, wie Quecksilberpräparate überhaupt, sind sehr schädlich, sie bewirken erst ein unfreiwilliges Zusammenfliessen und Stinkend-

werden des Speichels (Speichelfluss) und später langwierige, gefährliche Krankheiten; man muss daher nicht nur das Einathmen der Dämpfe bei den Versuchen mit Quecksilber vermeiden, sondern auch das Abwägen und Umfüllen desselben über einer Schüssel vornehmen, damit das etwa daneben laufende nicht in die Stube falle. In Schlaf- und Wohnzimmern sollte man nur Weingeistthermometer aufhängen, weil Quecksilberthermometer beim etwaigen Zerbrechen die Zimmer mit Quecksilber verunreinigen, welches sich in den Fugen der Dielen versteckt und nur äusserst schwierig wieder daraus entfernt werden kann. Gleiches gilt von den Gewächshäusern, da Quecksilberdampf auch für Pflanzen ein Gift ist.

Quecksilber und Säuren.

463. In Luft und Wasser behält das Quecksilber, wenn es rein ist, seinen metallischen Glanz, man rechnet es aus diesem Grunde zu den edlen Metallen; ist es aber durch fremde Metalle verunreinigt oder verfälscht, so überzieht es sich allmälig mit einer grauen Haut. Wegen dieser geringen Verwandtschaft der edlen Metalle zum Sauerstoff lassen sich die Oxyde derselben nicht direct durch Auslegen an die Luft oder durch Glühen darstellen, sondern nur indirect, am besten durch Behandlung mit Säuren. Das kräftigste Lösungsmittel für Quecksilber ist Salpetersäure, das billigste concentrirte Schwefelsäure. Von Salzsäure wird es nicht aufgelöst. Da das Quecksilber mit Sauerstoff ein Oxydul und ein Oxyd bildet, so liefert es zwei Reihen von Salzen: Oxydul- und Oxydsalze. Alle werden in der Hitze zersetzt oder verflüchtigt und geben beim Glühen mit Soda in einem engen Probirgläschen im oberen Theile des letzteren einen Beschlag von Metallkügelchen.

Salpetersaures Quecksilberoxydul (Hg_2O, $NO_5 + 2HO$).

464. *Versuch.* Man übergiesse in einem Porcellanschälchen 40 Grm. Quecksilber mit 5 Grm. Wasser und 20 Grm. Salpetersäure und stelle das Gefäss einige Tage bedeckt bei Seite: man wird nach dieser Zeit das Quecksilber mit farblosen Krystallen bedeckt finden; diese sind salpetersaures Quecksilber-

oxydul. In der Kälte und bei Ueberschuss von Metall nehmen 2 Aeq. Quecksilber nur 1 Aeq. Sauerstoff von der Salpetersäure auf. Ein Theil der Krystalle wird in wenig Wasser unter Erwärmen gelöst: man erhält eine klare Lösung. Von dieser giesse man etwas zu einer grösseren Menge Wasser: es entsteht eine milchige Trübung und mit der Zeit lagert sich ein schwefelgelbes Pulver am Boden ab, basisches oder halbsaures salpetersaures Quecksilberoxydul, während ein saures Salz gelöst bleibt. Die Zersetzung erfolgt in der Weise, welche durch die Querlinie der nachstehenden Formel angedeutet wird. Setzt man der con-

Saures Salz,	löslich.
Hg_2O	NO_5
Hg_2O	NO_5
Hg_2O	NO_5
Basisches Salz,	unlöslich.

centrirten Lösung einige Tropfen Salpetersäure zu, so behält sie bei der nachherigen Vermischung mit Wasser ihre Klarheit. Diese Lösung dient zur Bereitung von Quecksilberoxydul und Quecksilberchlorür.

Quecksilberoxydul (Hg_2O).

465. *Versuch.* Zu einem Theile dieser Flüssigkeit wird Kalilösung gebracht: es entsteht lösliches salpetersaures Kali und ein schwarzer Niederschlag von unlöslichem Quecksilberoxydul. Ausgewaschen und getrocknet stellt dieses ein schweres Pulver dar, welches schon durch längeres Reiben in einem Mörser, wie durch das Tageslicht in Metall und Oxyd zerlegt wird, deshalb ist es in einem undurchsichtigen Glase aufzubewahren. Das in den Apotheken vorkommende schwarze Quecksilberoxydul ist eine Amidverbindung (470). Die Quecksilberoxydulsalze sind meist farblos und werden durch Salzsäure weiss niedergeschlagen.

Quecksilberchlorür oder Calomel (Hg_2Cl).

466. *Versuch.* Ein Theil der verdünnten Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul wird mit Salzsäure oder Koch-

salzlösung versetzt: es bildet sich ein schwerer, weisser Niederschlag von Quecksilberchlorür, der ganz unlöslich in Wasser ist. Gut ausgewaschen und getrocknet, bildet dieses Quecksilbersalz das unter dem Namen *Mercurius dulcis* oder Calomel (präcipitirter) bekannte, hochwichtige Arzneimittel. Befeuchtet man etwas davon mit Kali oder Kalkwasser, so wird es schwarz, weil das Quecksilberoxydul in Freiheit gesetzt wird; hieraus erklärt sich der griechische Name Calomel (*kalos* heisst schön, *melas* schwarz). Auch diese Verbindung wird langsam durchs Licht zerlegt. Auf trocknem Wege erhält man Quecksilberchlorür, wenn man Quecksilberchlorid und Quecksilber zusammenreibt und das Gemenge der Sublimation unterwirft (sublimirter Calomel). Aus HgCl und Hg entsteht dabei Hg_2Cl, eine schwere, krystallinische, weisse Masse, welche man pulverisirt und vielmal mit heissem Wasser auskocht. Das so erhaltene Pulver hat einen Stich ins Gelbliche.

Salpetersaures Quecksilberoxyd (HgO, NO_5).

467. *Versuch.* Man löse in einem Kochfläschchen etwas Quecksilber unter gelinder Erwärmung in Salpetersäure auf und lasse nach erfolgter Auflösung die Flüssigkeit einige Minuten lebhaft kochen. Beim Kochen verbindet sich das Quecksilber mit noch einmal so viel Sauerstoff als in der Kälte, und man erhält demnach salpetersaures Quecksilberoxyd, welches nur schwierig krystallisirt. Die Lösung giebt mit Kali einen gelbrothen, mit Kochsalz aber keinen Niederschlag; sie dient zur Bereitung von Quecksilberoxyd und zu folgenden Versuchen.

Verhalten gegen Kupfer. *Versuch.* Wird ein Tropfen der Quecksilberlösung auf einer Kupfermünze verrieben, so scheidet sich das Quecksilber metallisch aus und bewirkt eine falsche Versilberung des Kupfers.

Erkennung von Quecksilber. *Versuch.* Zieht man mit einem in die Quecksilberlösung getauchten Hölzchen einen Strich quer über ein Messingblech und biegt man dasselbe nachher an dieser Stelle, so bricht es ab, als ob es durchschnitten wäre, weil das reducirte Quecksilber mit grosser Schnelligkeit in das Messing eindringt und es brüchig macht. Für die Gürtler kann diese Lösung sonach die Stelle einer Scheere vertreten.

Quecksilberoxyd oder rother Präcipitat (HgO).

468. *Versuch.* Man vermische die in voriger Nummer dargestellte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit Kalilauge: es bildet sich ein röthlich gelber Niederschlag von amorphem Quecksilberoxyd. Kalkwasser bewirkt in Quecksilberoxydlösungen dieselbe Fällung. So bereitet man aus Sublimatlösung (469) und Kalkwasser das als äusserliches Mittel benutzte „*Aqua phagedaenica*“ der Apotheken. Krystallinisch und von rother Farbe erhält man das Quecksilberoxyd bei der fabrikmässigen Darstellung, indem man das trockne salpetersaure Quecksilberoxyd so lange erhitzt, bis keine Dämpfe mehr fortgehen; die Salpetersäure entweicht, zum Theil zu salpetriger Säure zersetzt, das Quecksilberoxyd bleibt übrig. Seine rothe Farbe erscheint aber erst beim Erkalten; so lange es heiss ist, sieht es schwarz aus. Bei zu starker Hitze würde es in Sauerstoff und Quecksilbermetall zersetzt werden (57). Präparirt oder fein gerieben stellt es ein rothgelbes Pulver dar, welches unter dem Namen rother Präcipitat, insbesondere mit Fett verrieben als Augensalbe, medicinisch benutzt wird.

Quecksilberchlorid oder Aetzsublimat (HgCl).

469. Erwärmt man etwas Quecksilberoxyd mit Salzsäure und tröpfelt von der letzteren erforderlichen Falls so lange hinzu, bis eine vollständige Auflösung erfolgt ist, so erhält man eine Lösung von Quecksilberchlorid, welches letztere sich beim Erkalten in weissen rhombischen Säulen ausscheidet. Im Grossen gewinnt man es durch Sublimation von schwefelsaurem Quecksilberoxyd mit Kochsalz in weissen, durchscheinenden, schweren Massen, daher der bekannteste Name Quecksilber- oder Aetzsublimat (*Mercurius sublimatus corrosivus*), für dasselbe. Es ist eins der heftigsten Gifte. Wasser (18 Thle.), zumal kochendes (3 Thle.), wie auch Weingeist lösen es leicht auf. Calomel, mit Kali befeuchtet, wird schwarz (Ausscheidung von Oxydul), Aetzsublimat wird dadurch gelbroth (Ausscheidung von Oxyd). Die giftigen Substanzen haben gewöhnlich die Fähigkeit, Pflanzen- und Thierstoffe vor der Fäulniss zu schützen; in hohem

Grade besitzt auch das Quecksilberchlorid diese Kraft. So tränkt man das Holz zum Schiffsbau und zu Eisenbahnschwellen mit einer Auflösung davon in Wasser (Kyanisiren), so zieht man die Pflanzen der Herbarien durch eine Auflösung davon in Weingeist etc. Man darf dabei nur nicht vergessen, dass diese Sachen dadurch selbst zu Giften werden. Bei Vergiftungsfällen müssen schleunig grosse Quantitäten von Eiweiss genossen werden, welches mit dem Quecksilberchlorid eine unlösliche Verbindung bildet.

Quecksilbersalze und Ammoniak.

470. Ein von dem Kali sehr abweichendes Verhalten gegen die Quecksilbersalze zeigt das Ammoniak. Statt Oxydul oder Oxyd daraus niederzuschlagen, giebt es 1 Aeq. Wasserstoff an den Sauerstoff der Oxyde ab und wird zu Amid (322), welches sich mit dem Quecksilber verbindet, während das erzeugte Quecksilberamid darauf mit einem Theile des betreffenden Quecksilbersalzes in Verbindung tritt. Die folgenden zwei unlöslichen Verbindungen dieser Art werden als Arzneimittel benutzt.

Hahnemann'sches Quecksilberoxydul ($Hg_2NH_2 + Hg_2O, NO_5$), wird erhalten, wenn man zur Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul (464) vorsichtig verdünnten Salmiakgeist setzt, so lange der Niederschlag rein schwarz erscheint; bei weiterem Zusatz nimmt er eine graue Farbe an.

Weisser Präcipitat ($HgNH_2 + HgCl$) fällt aus der Sublimatlösung als ein weisses Pulver nieder, wenn man dieselbe mit Salmiakgeist vermischt. Dieses und das vorhergehende Präparat erfahren schon durch das Licht eine Zerlegung und sind daher gegen dessen Einwirkung geschützt aufzubewahren.

Weitere Quecksilbersalze.

471. Von den weiteren Quecksilbersalzen mögen hier noch folgende kurz erwähnt werden:

Quecksilberjodür (Hg_2J), ist ein grüngelbes Pulver, welches man entweder durch Zusammenreiben von Quecksilber und Jod oder durch Fällung eines gelösten Quecksilberoxydulsalzes

mit Jodkalium darstellt. Wird, wie das folgende, in der Heilkunde benutzt.

Quecksilberjodid (HgJ), ein scharlachrothes Pulver, lässt sich auf gleiche Weise bereiten wie das Jodür, unter Anwendung einer grösseren Jodmenge, oder durch Fällung einer Oxyd- oder Chloridlösung mit Jodkalium. Es sublimirt beim Erhitzen in gelben, rhombischen Krystallen, die bei der Berührung mit einem festen Körper alsbald wieder roth werden und eine andere Krystallgestalt annehmen (dimorph).

Rhodanquecksilber oder Schwefelcyanquecksilber, ein weisses Pulver, glimmt beim Erhitzen langsam weiter und schwillt dabei zu wunderlichen, gewundenen Figuren auf (Pharao's Schlangen).

Knallsaures Quecksilberoxyd, krystallisirt in weissen, unlöslichen Nadeln und stellt das höchst gefährliche, durch Schlag oder Erhitzen aufs Heftigste explodirende Knallquecksilber dar, dessen man sich zur Bereitung der Zündhütchen und Zündspiegel bedient. Dabei zerfällt es in einem Momente in Stickstoff, Kohlenoxyd und Quecksilberdampf.

Quecksilber und Schwefel.

472. Schwefelquecksilber (HgS). *Versuch.* Schüttelt man eine Quecksilberchloridlösung mit wenig Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelwasserstoffammoniak, so entsteht ein weisser Niederschlag, der durch mehr Zusatz von letzterem gelbbraun und endlich schwarz wird; der schwarze Körper ist Schwefelquecksilber (Sulfuret). Man bekommt diese Verbindung auch durch Vermischen von Quecksilber mit geschmolzenem Schwefel, ja selbst durch tagelanges Reiben von Quecksilber mit Schwefelblumen (*Aethiops*). Wird dieses schwarze Schwefelquecksilber in einem Glase sublimirt, so erhält man eine schwarzrothe krystallinische Masse, deren Farbe durch Reiben in das herrlichste Scharlachroth übergeht. In diesem Zustande wird das Schwefelquecksilber Zinnober genannt. Das rothe und schwarze Schwefelquecksilber haben genau eine und dieselbe Zusammensetzung, und doch ein so himmelweit von einander verschiedenes Ansehen; sie sind eins der schönsten Beispiele von isomerischen Verbindun-

gen. Im rothen wie im schwarzen Schwefelquecksilber sind immer 1 Aeq. Schwefel mit 1 Aeq. Quecksilber oder 1 Grm. Schwefel mit $6^1/_4$ Grm. Quecksilber verbunden. In den Fabriken bereitet man den Zinnober oft auch auf nassem Wege aus Quecksilber, Schwefel und Kalilauge, die man tagelang mit einander schüttelt. Ist der Zinnober rein, so verflüchtigt er sich auf einer glühenden Kohle mit blauer Schwefelflamme vollständig; bleiben hierbei Bleikörnchen zurück, so war er mit Mennige verfälscht. Wegen seiner Unlöslichkeit ist er der Gesundheit weit weniger nachtheilig, als die übrigen Quecksilberverbindungen.

Der Zinnober findet sich auch fertig gebildet in der Natur, und wir haben in ihm das wichtigste, am reichlichsten in Spanien vorkommende Erz, aus dem wir das Quecksilber im Grossen gewinnen. Ausserdem finden sich auch in manchen porösen Steinen kleine Kügelchen von gediegenem Quecksilber.

Dem Oxydul entspricht das schwarze Subsulfuret $= Hg_2S$.

Darstellung des Quecksilbers.

473. *Versuch.* Man menge eine Messerspitze Zinnober mit einer halben Messerspitze Eisenpulver und erhitze das Gemenge in einem trocknen Probirgläschen: es werden sich bald an dem oberen, kälteren Theile des Gläschens Kügelchen von Quecksilber ansetzen, während der Schwefel mit dem Eisen verbunden zurückbleibt. Auf ähnliche Weise gewinnt man das Quecksilber aus dem natürlichen Zinnober durch Destillation desselben mit Eisen (oder Kalk) aus grossen eisernen Retorten; die fremdartigen erdigen Beimengungen bleiben in den letzteren zurück. Zur Versendung dieser schweren Flüssigkeit wendet man entweder Lederbeutel, eiserne Flaschen oder ausgehöhltes Bambusrohr an.

Nasse Reductionsprobe.

474. Durch Kupfer, Eisen und Zink wird das Quecksilber aus den Lösungen seiner Salze regulinisch abgeschieden. Gleiches geschieht auch durch Zinnchlorür in Folge der grossen Neigung dieses Salzes, noch mehr Chlor (oder Sauerstoff) aufzunehmen.

Versuch. Zu einer verdünnten Lösung von Aetzsublimat bringe man etwas Zinnchlorür (Zinnsalz) und erwärme die Mi-

schung: es entsteht ein weisser Niederschlag, der nach und nach eine graue Farbe annimmt; das Zinnsalz reducirt das Quecksilberchlorid erst zu Chlorür oder Calomel, schliesslich zu Metall. Das graue Pulver ist höchst fein zertheiltes Quecksilber. Kocht man dasselbe, nachdem das Flüssige abgegossen ist, mit Salzsäure, so geht das Pulver endlich zu Kügelchen zusammen. Dieses Verfahren wird in der Analyse als ein Erkennungsmittel der Quecksilbersalze benutzt.

Quecksilberlegirungen oder Amalgame.

475. *Versuch.* Auf eine Quecksilberkugel lege man in einem Porcellanschälchen ein Stückchen Blei und lasse es damit einige Zeit in Berührung: beide Metalle werden sich vollständig mit einander vereinigen; bei wenig Quecksilber erhält man eine bröckliche Masse, bei mehr einen Brei, bei noch mehr eine flüssige Auflösung. Das Quecksilber kann sich auf ähnliche Weise mit den meisten Metallen verbinden: solche Legirungen haben den Namen Amalgame erhalten. Besonders wichtig ist das Zinnamalgam, weil wir es anwenden, um damit Glasscheiben undurchsichtig zu machen, so dass die auf dieselben fallenden Lichtstrahlen von dem glänzenden Amalgamüberzuge wieder zurückgeworfen werden. Wir nennen solche Gläser dann Spiegel. Eisen amalgamirt sich auf directem Wege nicht mit Quecksilber. Natriumamalgam wird in der analytischen Chemie als ein höchst kräftiges Reductionsmittel benutzt.

Silber, *Argentum* (Ag).

(Aeq.-Gew. = 108. — Specif. Gew. = 10,5.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

476. Am Silber kann man recht deutlich sehen, was man unter einem edlen Metalle versteht. Wir können einen Thaler von reinem Silber an der Luft liegen lassen, in das Wasser werfen oder in die Erde vergraben: er rostet nicht; wir können ihn in die grösste Hitze bringen: er ändert wohl seine Form und schmilzt (bei ungefähr 1000° C.), aber er oxydirt sich nicht,

er verflüchtigt sich nicht. Silbertiegel dienen bei chemischen Arbeiten zum Schmelzen von Aetzkali, Aetznatron und Salpeter, da sie von diesen selbst in der Rothglühhitze nicht angegriffen werden. Kieselhaltige Substanzen dürfen aber nicht darin geschmolzen werden.

Nächst dieser Unveränderlichkeit hat das Silber auch einen höheren Werth als die meisten anderen Metalle, weil seine Erze nicht sehr häufig in der Erde vorkommen und deren Gewinnung kostspieliger ist als die der anderen Erze. Ein Pfund Silber hat ungefähr einen Werth von 28 Thalern. Diese zwei Umstände sind es vorzugsweise, weshalb man das Silber, und in noch höherem Maasse das Gold, als allgemeine Tausch- und Ausgleichungsmittel bei Kauf und Verkauf, weshalb man beide als Geld benutzt. Der herrliche Glanz des Silbers und seine ausserordentliche Dehnbarkeit haben es ausserdem ebenso beliebt als geeignet gemacht, um Luxusgegenstände aller Art daraus darzustellen und andere Metalle damit zu überkleiden. Der alte Name für Silber ist Luna (☾). Mit Sauerstoff giebt das Silber ein schwarzes Oxydul (Ag_2O), ein braunschwarzes Oxyd (AgO) und ein schwarzes Superoxyd (AgO_2).

Salpetersaures Silberoxyd (AgO, NO_5).

477. Um das Silber zu oxydiren, muss man es mit starken Säuren behandeln. Concentrirte Schwefelsäure löst es unter Entwicklung von schwefliger Säure beim Erhitzen auf. Das weisse, krystallinische schwefelsaure Silberoxyd ist schwer löslich. Salpetersäure löst es schon bei gewöhnlicher Temperatur auf und giebt ein leicht lösliches Oxydsalz. Bei den nachfolgenden Versuchen hat man sich zu hüten, Silberlösung an die Finger zu bringen, da die Haut durch sie schwarz gebeizt wird. Lösliche Silbersalze schmecken metallisch und sind giftig.

Bereitung. *Versuch* a. Man übergiesse eine Silbermünze in einem Becherglase mit Salpetersäure und stelle das Glas an einen warmen Ort; ist nach einem Tage nicht alles gelöst, so setzt man noch etwas Salpetersäure hinzu und wartet, bis die Lösung, während deren sich Stickstoffoxyd entbindet, erfolgt ist. Die blaue Lösung enthält Silberoxyd und Kupferoxyd, beide mit Salpetersäure verbunden. Um diese beiden Metalle von einander

zu trennen, wirft man einige blankgescheuerte Kupfermünzen in die Flüssigkeit und lässt die letztere einige Tage an einem warmen Orte stehen, indem man sie dann und wann einmal umschwenkt. Die ausgeschiedenen Blättchen sind reines Silber, welches man so lange mit Salmiakgeist digerirt, bis dieser nicht mehr blau gefärbt wird. Das ausgewaschene und getrocknete Silber löst man nun zum zweiten Male in Salpetersäure, und hebt die Flüssigkeit, mit etwas Wasser verdünnt, als Silberlösung auf.

Höllenstein. Beim Abdampfen derselben erhält man das salpetersaure Silberoxyd in weissen Tafeln krystallisirt. Schmilzt man diese und giesst sie dann in Messingformen zu Stängelchen aus, so wird daraus der als Beizmittel gegen wildes Fleisch und Warzen bekannte Höllenstein (geschmolzenes salpetersaures Silberoxyd). Wie dieser die Haut angreift und schwarz färbt, so geschieht dies auch mit anderen organischen Stoffen; man benutzt deswegen den Höllenstein nicht selten zum Schwarzfärben von Haaren, Knochen und Elfenbein, z. B. bei Schachfiguren u. s. w. Durch zu langes Schmelzen oder durch Lichteinwirkung wird derselbe grau und endlich schwarz, indem sich Silberoxyd ausscheidet. Auch zum Zeichnen der Wäsche lässt sich salpetersaures Silberoxyd sehr gut benutzen; seine Hauptverwendung findet es jetzt in der Photographie.

Reduction. *Versuch* b. Man lege ein linsengrosses Stück Höllenstein auf Kohle und erhitze es vor dem Löthrohre: es entsteht eine Verpuffung und mattes, metallisches Silber bleibt zurück, das bei stärkerer Erhitzung leicht zu einer glänzenden Kugel zusammenschmilzt.

Silberoxyd. *Versuch* c. Zu einer Auflösung von Höllenstein tröpfle man Kalilauge: der braunschwarze Niederschlag ist Silberoxyd (AgO). Mit Ammoniak verwandelt dasselbe sich in Stickstoffsilber oder Knallsilber, einem durch Stoss oder Reibung aufs Heftigste explodirenden Körper. Eine zweite, nicht minder gefährliche Art von Knallsilber bildet das Silberoxyd, wenn es sich mit der Knallsäure verbindet (229).

Silber + Chlor, Jod, Brom.

478. Chlorsilber ($AgCl$). *Versuch*. Zu einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd tröpfle man Salzsäure oder

eine Auflösung von Kochsalz: man erhält einen weissen, der geronnenen Milch ähnlichen Niederschlag von Chlorsilber, auch Hornsilber genannt, weil es beim Schmelzen ein hornartiges Ansehen bekommt. Dieser Niederschlag ist so unlöslich im Wasser, dass er sich in einer millionenfach verdünnten Silberlösung noch durch eine Trübung ankündigt (Reagens auf Silbersalze 245); auch in Säuren ist er nicht oder doch kaum löslich, dagegen wird er von Ammoniak und einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron leicht, in geringer Menge auch von starker Kochsalz- und Salmiaklösung aufgelöst. Das Verhalten des aufgelösten Silbers gegen verdünnte Kochsalzlösungen wird als nasse Silberprobe (481), wie zur Abscheidung des Silbers aus den photographischen Waschwässern u. a. m. benutzt.

Zersetzung durch Licht. *Versuch.* Man verreibe das erhaltene Chlorsilber, nachdem man die darüber stehende Flüssigkeit abgegossen hat, mit einem Korke auf einem Blatte Papier und lasse dieses an einem dunklen Orte, z. B. in einer Schublade, trocken werden: es bleibt weiss. Legt man das Blatt nun zur Hälfte in ein Buch und mit diesem an das Tageslicht, so färbt sich der beleuchtete Theil desselben bald violett und endlich schwarz, während der gegen das Licht geschützte Theil seine weisse Farbe behält. Das Licht allein ist im Stande, die Verwandtschaftsbande zwischen Silber und Chlor zu lösen; das Chlor entweicht, das Silber aber bleibt, und zwar in dieser feinen Zertheilung schwarz von Farbe, zurück.

Jod- und Bromsilber (AgJ, $AgBr$) erhält man als gelbliche, dem Chlorsilber sehr ähnliche Niederschläge, wenn man zu einer Lösung von Höllenstein eine Lösung von Jodkalium oder Bromkalium tröpfelt. Sie sind noch lichtempfindlicher als das Chlorsilber und stellen, namentlich das Jodsilber, die Verbindungen dar, mittelst deren man die photographischen Bilder hervorbringt. Daguerre, der Erfinder dieser Kunst, erzeugte das Jodsilber, indem er eine versilberte Kupferplatte Joddämpfen aussetzte; in Papier vertheilt erhält man es, wenn man dieses nach einander durch eine Lösung von Höllenstein (Silberbad), dann durch eine von Jodkalium (Jodbad) zieht. Das Hervortreten des Bildes wird durch Quecksilberdämpfe bewirkt, welche sich mit dem an den hellen Stellen reducirten Silber verbinden; zum Fixiren des Bildes aber dient eine Lösung von unter-

schwefligsaurem Natron (302), welche das an den dunklen Stellen unzersetzt gebliebene Jodsilber auflöst und entfernt.

Silber und Schwefel.

479. *Versuch.* Setzt man zu einer Lösung von Höllenstein Schwefelwasserstoffwasser oder Schwefelammonium, so erhält man einen schwarzen Niederschlag von Schwefelsilber (AgS). Das Braun- oder Schwarzwerden blanker silberner Geräthschaften durch schwefelhaltige Ausdünstungen, z. B. bei der Kloakenräumung, oder bei längerer Berührung mit schwefelhaltigen Speisen, z. B. Eiern, ist ebenfalls der Bildung einer oberflächlichen Schicht von Schwefelsilber zuzuschreiben.

Silbererze. Das Silber kommt zwar gediegen (gewachsenes Silber) in der Natur vor, am häufigsten jedoch als Schwefelsilber, theils für sich allein, bleigrau, als Silberglanz oder Glaserz, theils mit anderen Schwefelmetallen verbunden. So ist das lichte Rothgültigerz eine chemische Verbindung von 3 Aeq. Schwefelsilber und 1 Aeq. Schwefelarsen, und das dunkle eine Verbindung von 3 Aeq. Schwefelsilber mit 1 Aeq. Schwefelantimon. In wechselnden, sehr kleinen Mengen wird das Schwefelsilber auch in Blei- und Kupfererzen, namentlich im Bleiglanz, Kupferglanz, Fahlerz und anderen gefunden.

Darstellung von Silber.

480. Zur Darstellung des Silbers im Grossen befolgt man verschiedene Methoden, je nach der Art der anderen Erze, mit denen die Silbererze gewöhnlich gemengt sind. Am bekanntesten sind die folgenden:

a. Bleiarbeit. Silberhaltiger Bleiglanz und andere Bleierze werden erst durch Rösten und Ausschmelzen mit Kohle zu metallischem Blei reducirt, in welches auch das Silber mit übergeht. Ist das Blei zu silberarm, so concentrirt man es vorher in der Weise, dass man es schmilzt und die beim langsamen Erkalten zuerst sich ausscheidenden Bleikrystalle ausschöpft, das Silber bleibt dann in dem Theile des Bleies zurück, welcher zuletzt erstarrt. Nun bringt man das silberhaltige Blei in eine Art von Flammenofen,

der Treibherd heisst und kesselartig vertieft ist, und schmilzt es darin tagelang, während ununterbrochen Luft darauf geblasen wird, bis endlich alles Blei sich in Oxyd verwandelt hat. Das Bleioxyd schmilzt in der Hitze und fliesst theils als Glätte durch eine Rinne ab, theils zieht es sich in den mit poröser Thon- und Kalkmasse ausgestampften Heerd hinein; das Silber dagegen, welches sich nicht oxydirt, bleibt metallisch zurück (Silberblick). Noch reiner wird es durch abermaliges Schmelzen in porösen Thonschüsseln oder Capellen, welche den letzten Rest von Bleiglätte einsaugen (Capellen- oder Feinsilber).

Cupellation oder trockne Silberprobe. Die zuletzt angegebene Methode benutzt man auch im Kleinen, um den Silbergehalt von silberhaltigen Erzen und Legirungen zu bestimmen. Ueberschüssiges Blei löst nicht nur Silber, sondern auch Kupfer und andere Metalle auf. Treibt man dieses nachher in kleinen, aus gebrannten Knochen angefertigten Näpfchen (Capellen) in einem Muffelofen ab, so zieht sich das gebildete Bleioxyd nebst dem Kupferoxyd vollständig in die Capelle ein und das Silberkorn bleibt zurück und wird gewogen. Selbst mittelst des Löthrohres lassen sich solche Prüfungen ausführen.

b. Saigerprocess. Silberhaltiges Kupfer wird zuweilen auf folgende Weise verarbeitet. Man schmilzt dasselbe mit einer grossen Quantität Blei zusammen, formt aus der Legirung grosse Metallkuchen, und stellt diese, mit Kohlen geschichtet, auf einem geneigten Herde auf. Werden die Kohlen dann angebrannt, so reicht die Hitze wohl hin, um das Blei, nicht aber, um das Kupfer zu schmelzen; das Blei fliesst also ab und mit ihm zugleich das Silber, während das Kupfer zurückbleibt. Das so erhaltene silberhaltige Blei wird dem Treibherde übergeben.

c. Amalgamationsprocess. Aus den Erzen, welche gediegenes Silber oder Schwefelsilber, aber kein Blei enthalten, zieht man das Silber oft durch Quecksilber aus. In diesem Falle muss aber aus dem Schwefelsilber zuvor metallisches Silber dargestellt werden. Dies geschieht in zwei Acten. Im ersten röstet man die gepochten Erze mit Kochsalz: dabei entsteht Chlorsilber und schwefelsaures Natron; im zweiten bewegt man das geröstete Erz mit Wasser, Eisen und Quecksilber längere Zeit in verschlossenen Fässern: dabei entsteht Chloreisen und metallisches Silber, welches letztere sich in dem Quecksilber auflöst.

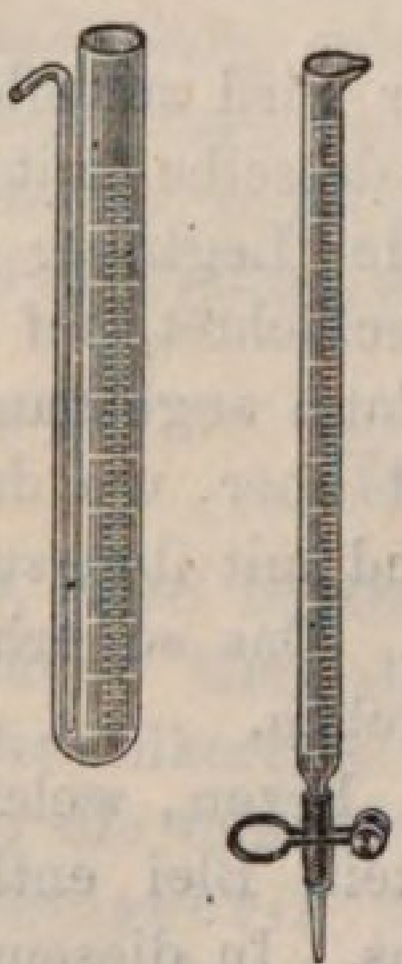
Aus dem abgelassenen Quecksilber erhält man durch Auspressen ein festes Silberamalgam, von dem man das Quecksilber vollends durch Destillation entfernt. In Freiberg hat man das Amalgamirverfahren aufgegeben und dafür das Affinirverfahren eingeführt (486).

d. Extractionsprocess (Augustin'sches Verfahren). Nach diesem zieht man die erst für sich, dann mit Kochsalz gerösteten Silbererze etc. mit heisser Kochsalzlösung aus, welche das Chlorsilber aufzulösen vermag. Oder man röstet silberhaltige kiesige Erze, namentlich Kupferstein, für sich und zieht das gebildete schwefelsaure Silberoxyd durch heisse Lauge aus (Ziervogel'sches Verfahren). Aus der einen wie der anderen Lösung lässt sich dann das Silber durch metallisches Kupfer ausfällen.

Nasse oder volumetrische Silberprobe.

481. Maassanalyse oder Titrirmethode. Zur Ausführung nasser Proben oder Maassanalysen, die ihrer Einfachheit und Kürze wegen grosse Vorzüge vor den aufhältlichen Gewichtsanalysen darbieten, werden am zweckmässigsten Messcylinder oder Buretten von beistehender Form angewendet, die in Cubikcentimeter und Zehntelcubikcentimeter eingetheilt sind, und aus denen man die Probeflüssigkeit noch bequemer und genauer als bei dem Alkalimeter (272) ausgiessen und auströpfeln kann. Die Probeflüssigkeit oder Reagenslösung muss immer eine bestimmte, genau bekannte Stärke (Titre) haben, da man aus der verbrauchten Menge derselben auf die vorhandene Menge des Körpers, den man quantitativ bestimmen will, schliesst.

Fig. 156.



Bei der nassen Silberprobe schlägt man das in Salpetersäure gelöste Silber mit titrirter Kochsalzlösung als Chlorsilber nieder. Die Stärke der Kochsalzlösung ist so eingerichtet, dass 100 Cubikcentimeter davon genau 1 Grm. reines Silber niederschlagen. Man braucht nun bei einer Analyse nur die Cubik-

centimeter Kochsalzlösung, welche man zur Niederschlagung gebraucht, von der Burette abzulesen, um gleichzeitig das diesen entsprechende Gewicht an Silber in Centigrammen zu erfahren. Statt der Ausfällung, wie hier, benutzt man bei anderen nassen oder volumetrischen Proben charakteristische Farbenänderungen, um den Zeitpunkt zu ermitteln, wo die beabsichtigte chemische Einwirkung erreicht ist (S. Eisenprobe 417).

Silberlegirungen.

482. Kupfer und Silber. Das reine Silber ist ziemlich weich und nutzt sich beim Gebrauche leicht ab, man versetzt es deshalb bei seiner Verarbeitung zu Münzen und Geräthschaften allgemein mit Kupfer, wodurch es härter wird, ohne seine Dehnbarkeit zu verlieren. Beträgt der Kupfergehalt nicht mehr als $^1/_4$, so bleibt die Farbe des Silbers schön weiss, durch mehr Kupfer aber geht sie in Gelb und endlich in Roth über. Nach den bis vor Kurzem geltenden Bestimmungen bildet die Mark, d. h. ein Gewicht von 16 Loth, die Münznorm; 16 Loth reines Silber nennt man eine feine Mark. Bei dem mit Kupfer versetzten Silber hat man nun zu fragen: wie viel sind in 16 Loth der Legirung reines Silber? Sind 15 Loth darin, so heisst das Silber 15löthig, bei 12 oder 8 oder 4 Loth Silbergehalt, 12-, 8- oder 4löthig u. s. w. In dem 12löthigen Silber sind sonach $^3/_4$ Silber und $^1/_4$ Kupfer enthalten; aus diesem macht man meistens die silbernen Geräthe und die grösseren Münzen, z. B. die (alten) Thaler. In dem 4löthigen dagegen ist $^1/_4$ Silber mit $^3/_4$ Kupfer verschmolzen, eine solche Legirung haben wir in manchen kleinen Scheidemünzen. Frisch geprägt sehen diese Münzen gelb aus; sie werden aber oberflächlich weiss, wenn man sie mit Weinstein und Wasser kocht (Weisssieden), weil dadurch etwas Kupfer aufgelöst und somit eine dünne Haut von reinem Silber erzeugt wird. Unter Schrot versteht man das Gewicht einer Münze, unter Korn die Güte (Löthigkeit) des dazu verwendeten Silbers. Nach den neueren Münzbestimmungen bezieht man den Silbergehalt auf 1000 Theile und benutzt zu den deutschen Markstücken etc., wie schon vorher zu den Vereins-Thalern und Gulden dieselbe, reichere Legirung — $^{900}/_{1000}$ oder 14,4löthig —, aus welcher in Frankreich, Italien und der Schweiz alle Silbermünzen

geprägt werden. Zu den Fünfgroschenstücken diente eine $^{520}/_{1000}$ oder 8,3löthige, zu den Groschenstücken eine $^{220}/_{1000}$ oder 3,5löthige Legirung.

Versilberung und Silberspiegel s. bei Vergoldung (488).

Rückblick auf die Metalle der Silbergruppe.

(Blei Kupfer, Quecksilber, Silber.)

1. Die Metalle dieser Gruppe zersetzen das Wasser nicht; um sie aufzulösen, hat man concentrirte Säuren anzuwenden.

2. Mit 1 Aeq. Sauerstoff bilden sie Oxyde (RO), welche immer Basen sind; ferner niedrigere, nach der Formel R_2O zusammengesetzte Oxyde, welche meistens Basen sind. Ebenso verhalten sich diese Metalle gegen Schwefel, Chlor, Jod etc.

3. Blei und Silber gehen auch noch mit 2 Aeq. Sauerstoff Verbindungen ein (RO_2), welche den Charakter von Ueberoxyden tragen.

4. In der Natur kommen diese Metalle am häufigsten mit Schwefel verbunden vor, Silber und Quecksilber auch gediegen.

5. Durch Schwefelwasserstoff werden sie aus ihren sauren Lösungen als schwarze Schwefelmetalle niedergeschlagen, die in Schwefelammonium nicht löslich sind.

6. Silber und Quecksilber rechnet man zu den edlen, mit geringer Affinität zum Sauerstoff begabten Metallen; sie bilden den Uebergang zu der folgenden Gruppe.

III. Platingruppe.

Gold, *Aurum* (Au).

(Aeq. Gew. = 197. — Specif. Gew. = 19,5.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

483. Wenn sich das Gold auch in fast allen Ländern findet, so ist es doch immer so dünn gesäet und erfordert so viel Arbeit, um aus den Gesteinen oder dem Flusssande, worin es spurenweise vorkommt, ausgeschieden zu werden, dass es dadurch zu dem

theuersten unserer Metalle wird, obwohl es in neuester Zeit durch die reicheren Goldsandlager in Californien und Australien im Werthe ein wenig gesunken ist. Bisher stand es ungefähr 15mal höher im Preise als das Silber, und ein Pfund davon konnte ungefähr auf 430 Thaler geschätzt werden. Seine Unveränderlichkeit, seine schöne Farbe, sein herrlicher Glânz und seine grosse Schwere haben ès zum edelsten Metalle, zum König der Metalle, gestempelt. Sonst betrachtete man es als das Symbol für den König der Gestirne und nannte es *Sol* oder Sonne (☉). An Dehnbarkeit übertrifft es noch das Silber und man ist im Stande, es in die dünnsten Blättchen (Goldschaum oder ächtes Blattgold) auszuschlagen und aus einem Milligramm Gold einen Draht von 8 Fuss Länge zu ziehen.

Oxyde. Das Gold schmilzt etwa bei 1000° C., ohne sich dabei zu oxydiren; es hat überhaupt unter allen Metallen die gegeringste Verwandtschaft zum Sauerstoff und lässt sich nur auf Umwegen mit diesem vereinigen. Man kennt bis jetzt Goldoxydul ($Au\,O$), ein dunkelviolettes Pulver, und Goldoxyd ($Au\,O_3$), ein braunes Pulver, welches richtiger als Goldsäure bezeichnet werden könnte, da es nicht mit Sauerstoffsäuren, sondern mit Basen Salze bildet. Die Verbindung von Gold und Sauerstoff wird schon durch schwache Erhitzung wieder aufgehoben.

Goldchlorid ($Au\,Cl_3$).

484. Keine der gewöhnlichen Säuren allein vermag das Gold aufzulösen, da dieses Metall, wie schon erwähnt, in hohem Grade gleichgültig gegen Sauerstoff und Säuren ist. In dem Chlor nur haben wir ein Mittel, dasselbe löslich zu machen; in Nr. 174 wurde schon gezeigt, dass Chlorwasser Blattgold aufzulösen im Stande ist. Gewöhnlich erzeugt man sich das Chlor hierzu durch Vermischen von Salzsäure mit Salpetersäure; in diesem Gemisch, dem bekannten Königswasser (247), löst sich das Gold vollständig zu einer braungelben Flüssigkeit auf, wenn man es längere Zeit damit erwärmt (Goldlösung). Dampft man diese Auflösung bis zur Trockne ab, so erhält man festes Chlorgold, oder genauer: Goldchlorid, als eine braunrothe, zerfliessliche Salzmasse. An dem Lichte scheidet sich daraus metallisches

Gold aus, ebenso durch Einlegen von Phosphor, Eisen, Zink und anderen Metallen in die Goldlösung. Kommt Goldlösung auf die Haut oder andere organische Gewebe, so giebt sie beim Trocknen dunkel purpurfarbene, fest anhaftende Flecken.

Zerlegung durch Erhitzen. *Versuch* a. Man tauche ein trocknes Probirgläschen in verdünnte Goldlösung, so dass es unten an dem Boden davon benetzt wird, und erhitze es nun über einer Weingeistflamme: es wird vergoldet erscheinen, ein Beweis, dass das Gold auch zum Chlor nur eine äusserst schwache Affinität hat, da es dasselbe beim blossen gelinden Erhitzen loslässt.

Versuch b. Man bringe einige Tropfen Goldlösung auf Fliesspapier, lasse das Papier trocknen und halte es dann mittelst eines Drahtes über eine Weingeistflamme: man erhält feinzertheiltes Gold, gemengt mit der Papierasche, als eine zusammenhängende, lockere Masse.

Zerlegung durch Eisenvitriol. *Versuch.* Zu einer dünnen Lösung von Eisenvitriol tröpfle man zuerst einige Tropfen Salzsäure und dann einige Tropfen Goldlösung: die Flüssigkeit wird sogleich dunkel und bräunlich schillernd; sie erscheint aber blau, wenn man durch sie hindurchsieht. Bei längerem Stehen setzt sich ein brauner Schlamm daraus ab; dieser ist Gold in grösster Zertheilung, Goldpulver. Aus dem Eisenvitriol wird dabei schwefelsaures Eisenoxyd und Eisenchlorid, letzteres durch das Chlor der Goldlösung. Auf dieselbe Weise schlagen sich die Goldarbeiter aus goldhaltenden Flüssigkeiten das Gold nieder. Mit Spieköl verrieben erhält man aus dem zarten Goldpulver die Farbe, deren sich die Maler zum Vergolden des Porcellans und Glases bedienen.

Weitere Goldverbindungen.

485. Von diesen mögen hier folgende erwähnt werden:

Cyangold giebt mit Cyankalium Doppelsalze, deren Lösungen bei der galvanischen Vergoldung benutzt werden. — Goldsaure Alkalien dienen zu gleichem Zwecke bei der nassen Vergoldung.

Knallgold, eine gefährliche, leicht explodirbare, stickstoffhaltige Goldverbindung, erzeugt sich bei der Zersetzung einer Goldchloridlösung durch Salmiakgeist.

Goldpurpur. *Versuch.* Zu einer sehr verdünnten Goldchloridlösung bringe man einige Tropfen einer Lösung von Zinnchlorürchlorid: es entsteht ein dunkelpurpurner Niederschlag, den man als zinnsaures Zinn- und Goldoxydul ansieht und unter dem Namen Goldpurpur als die schönste rothe Emailfarbe benutzt (Rubinglas etc. Erkennung von Gold in seinen Lösungen). Auch Goldchlorid färbt Glas bei längerem Erhitzen purpurroth, indem es sich in kieselsaures Goldoxydul umwandelt.

Schwefelgold. *Versuch.* Wird zu einer sehr verdünnten Goldchloridlösung Schwefelwasserstoffwasser gebracht, so fällt schwarzes Schwefelgold (AuS_3) nieder; gelbes Schwefelammonium löst den Niederschlag wieder auf; durch Erhitzen wird das trockne Schwefelgold leicht wieder zu Gold reducirt. Diese schwache Affinität des Goldes zum Schwefel giebt sich auch dadurch zu erkennen, dass beide sich direct nicht mit einander verbinden lassen und reines Gold in schwefelhaltiger Luft nicht anläuft.

Darstellung und Scheidung von Gold.

486. Auf trocknem Wege. Zur Gewinnung des Goldes aus dem abgeschlämmten Goldsande braucht man diesen nur entweder für sich, oder unter Zusatz von Borax, in Tiegeln zu schmelzen. An manchen Orten zieht man auch das Gold mit Quecksilber daraus aus, ähnlich wie bei dem Amalgamirverfahren der Silbererze (480); beim Erhitzen des Goldamalgams bleibt dann das Gold metallisch zurück.

Auf nassem Wege. Seitdem die englische Schwefelsäure so billig geworden, kann man auch die kleinen Goldmengen gewinnen, welche in den Silbererzen und dem daraus gewonnenen Silber enthalten sind. Man kocht dieselben mit concentrirter Schwefelsäure, was in eisernen Kesseln vorgenommen werden kann, da die starke Schwefelsäure das Eisen nicht auflöst. Silber und Kupfer lösen sich unter Bildung von schwefliger Säure auf, während das Gold als ein braunes Pulver ungelöst zurückbleibt. Aus der Silber-Kupferlösung schlägt man das Silber durch Kupfer nieder und gewinnt als Nebenproduct Kupfervitriol. Man nennt diese Operation Affiniren und benutzt diese Scheidungsmethode auch, um aus mit Silber und Kupfer versetzten Goldsachen wieder Feingold darzustellen.

Quartscheidung. Sonst löste man in derselben Absicht das goldhaltige Silber in Salpetersäure auf, welche ebenfalls das Gold nicht aufzulösen vermag, wohl aber das Silber. Hierbei bemerkte man die merkwürdige Erscheinung, dass das Silber nur dann vollständig aufgelöst wird, wenn auf $1/4$ Gold mindestens $3/4$ Silber zugegen sind ($2/3$ Silber reichen jedoch auch schon hin); daher der Name Quartscheidung. Ist in der Legirung mehr als $1/3$ Gold enthalten, so übt das Gold einen schützenden Einfluss auf das Silber aus, demzufolge das letztere durch die Salpetersäure nicht mehr angegriffen und aufgelöst wird.

Die einfachste Methode, Gold zu probiren, besteht darin, dass man etwas davon auf einem schwarzen Kieselsteine (Probirstein) abreibt und mit einem Tropfen Scheidewasser betröpfelt. Ist das Gold rein, so verschwindet gar nichts von dem gelben Striche; ist es versetzt, so verschwindet etwas; ist es nur nachgemachtes Gold, z. B. Tombak, so löst sich Alles auf.

Goldlegirungen.

487. Gold, Kupfer und Silber. Reines Gold ist, wie reines Silber, ziemlich weich und der Abnutzung sehr unterworfen, man versetzt es daher bei seiner Verarbeitung zu Münzen oder Luxusgegenständen mit Metallen, die es härter machen, gewöhnlich mit Kupfer oder mit Kupfer und Silber. Hierbei drückt man den Goldgehalt durch das Wort karätig aus, bezieht aber die dabei stehende Zahl nicht wie beim Silber auf 16, sondern auf 24. Beim Gold theilt man nämlich die Mark (16 Loth) in 24 Theile oder Karate. 18karätiges Gold bedeutet demnach eine Mischung aus $3/4$ (18) Gold und $1/4$ (6) Zusatz; 6karätiges eine Mischung aus $1/4$ (6) Gold und $3/4$ (18) Zusatz u. s. w. Neuerdings drückt man den Feingehalt, wie bei dem Silber, in Tausendteln aus. So haben die Goldmünzen des deutschen Reichs, wie die von Frankreich, Italien und der Schweiz, einen Gehalt von $900/1000$ Gold (21,6karätig), die österreichischen Ducaten von $974/1000$ (23,38karätig) u. a. m.

Vergoldung und Versilberung.

488. Kalte Vergoldung. Reibt man feinzertheiltes Gold mit einem weichen Korke, den man in Salzwasser getaucht hat

einige Zeit auf einem blanken silbernen Löffel hin und her, so wird das Silber vergoldet. In gleicher Weise lässt sich Messing kalt versilbern, wenn man zur Verreibung eine genaue Mischung von Chlorsilber, Kochsalz, Pottasche und Kreide anwendet.

Feuer-Vergoldung. Diese ist dauerhafter und wird mit weichem Goldamalgam ausgeführt, welches man auf die blankgebeizte Oberfläche kupferner oder tombakener Gegenstände aufstreicht; bei nachherigem Erhitzen der letzteren verdampft das Quecksilber und ein matter Goldüberzug bleibt zurück, dem man durch Reiben mit dem Polirstahl Glanz ertheilt. Zur Feuer-Versilberung wird weiches Silberamalgam angewendet.

Galvanische Vergoldung. Mittelst dieser jetzt allgemein beliebten Methode ist man im Stande, Kupfer, Messing, Eisen und andere Metalle mit zusammenhängenden Ueberzügen von Gold, Silber, Platin und anderen Metallen in ganz beliebiger Stärke zu überkleiden, je nachdem man sie, blank gebeizt, kürzere oder längere Zeit in der betreffenden Metalllösung, welche durch einen schwachen galvanischen Strom zerlegt wird, verweilen lässt. Als allgemeines Lösungsmittel dient Cyankalium, welches mit Cyangold, Cyansilber, Cyanplatin etc. lösliche und leicht zerlegbare Doppelverbindungen darstellt.

Nasse Vergoldung. Aus einer verdünnten Lösung von goldsaurem Kali schlägt sich das Gold schon durch blosse Kochhitze auf eingetauchten kupfernen und messingenen Gegenständen nieder. Unächten Schmucksachen ertheilt man häufig auf diese Weise einen schwachen Goldüberzug, indem man sie kurze Zeit in eine siedende, mit Chlorgold und doppelt kohlensaurem Kali versetzte Flüssigkeit legt.

Silberspiegel. Versetzt man eine verdünnte Lösung von Höllenstein mit überschüssigem Aetzammoniak und Aetznatron, so erhält man eine alkalische Silberoxydlösung, aus welcher reducirende Körper, als z. B. Milchzucker, Traubenzucker, Weinsäure und andere, langsam metallisches Silber abscheiden. Nach diesem Verfahren stellt man jetzt versilberte Glastafeln dar, welche schönere und unschädlichere Spiegel liefern, als die mit Zinnamalgam dargestellten.

Platin (Pt).

(Aeq.-Gew. = 99. — Specif. Gew. = 21,5.)

— 1741 zuerst nach Europa gebracht. —

489. Das Platin, ein Metall von noch grösserer Dichtigkeit als das Gold, wurde erst im vorigen Jahrhundert aus Amerika zu uns herübergebracht, wo man es in Gestalt kleiner, platter Körnchen unter dem Sande fand, aus dem man Gold abschlämmte. Es erhielt den Namen Platina, weil es an Farbe und Dehnbarkeit dem Silber, welches im Spanischen *plata* heisst, ähnelte. Späterhin fand man es auch in dem Sande des Uralgebirges in compacten, linsen- bis faustgrossen Klumpen. Das Platin ist edel wie Gold, zähe, dehnbar und schweissbar wie Eisen und ausserdem unschmelzbar in jedem Ofenfeuer. Diese Eigenschaften sind es, die das Platin zu einem unschätzbaren Metalle für den Chemiker gemacht haben. In Platinblasen kann man Schwefelsäure und Flusssäure destilliren, in Platinschalen Scheidewasser kochen, in Platintiegeln oder auf Platinblech und Platindraht Körper bis zur höchsten Weissgluth erhitzen, ohne dass diese Geräthschaften angegriffen oder geschmolzen werden. Davor nur hat man sich zu hüten, dass keine Metalle in der Hitze mit dem Platin zusammenkommen; denn in diesem Falle können sich leichtflüssige Legirungen bilden und Platinapparate schon bei geringer Erhitzung durchschmelzen oder brüchig werden. Der Preis des Platins steht in der Mitte zwischen dem des Goldes und Silbers, man hat daher in Russland vorübergehend auch Geld daraus geschlagen. Zu Gegenständen des Luxus eignet es sich weniger, als jene Metalle, da seine Farbe nicht rein weiss, sondern grauweiss ist, auch sein Glanz dem des Silbers bedeutend nachsteht. Durch das Knallgasgebläse und galvanische Batterien kann es zum Schmelzen gebracht werden.

Oxyde. Das Platin lässt sich auf Umwegen in zwei Verhältnissen mit Sauerstoff verbinden, zu Platinoxydul (PtO) und Platinoxyd (PtO_2). Beide sind schwarz, als Hydrate braun, und nur sehr schwache Basen.

Platinverbindungen.

490. Platinchlorid ($PtCl_2$). Das Platin wird, wie das Gold, von den gewöhnlichen Säuren nicht angegriffen; um es aufzulösen, muss man es mit Chlor verbinden, was am einfachsten durch Erhitzen mit Königswasser geschieht. Man erhält eine dunkelbraune Auflösung von Platinchlorid (Platinlösung). Aus einem oder einigen Platinschwämmen, wie sie zu den Döbereiner'schen Feuerzeugen in Anwendung kommen, lässt sich leicht eine kleine Quantität dieser Lösung bereiten und zu folgenden Versuchen benutzen.

Zerlegung durch Erhitzen. *Versuch* a. Man tauche ein trocknes Probirgläschen in verdünnte Platinlösung, so dass es äusserlich benetzt wird: beim Erhitzen erhält man auf dem Glase einen Ueberzug von metallischem Platin. Die Verbindung zwischen diesem Metalle und dem Chlor ist so lose, wie beim Gold, sie wird durch blosse Erhitzung aufgehoben, indem erst grünes Platinchlorür ($PtCl$), zuletzt Platinmetall entsteht.

Kaliumplatinchlorid ($KCl + PtCl_2$). *Versuch* b. Man löse etwas Chlorkalium in Wasser auf und setze einige Tropfen Platinlösung zu: es entsteht, wenn die Lösung nicht zu verdünnt ist, sogleich, ausserdem später, ein gelber, krystallinischer, schwerer Niederschlag, eine Doppelverbindung von Platinchlorid und Chlorkalium. Da auch andere Kaliumsalze sich ebenso verhalten, so benutzt man die Platinlösung als Reagens auf Kali, wie zur Unterscheidung und Trennung desselben vom Natron, in dessen Lösungen sie keinen Niederschlag hervorbringt. Beim Glühen hinterlässt diese Doppelverbindung Chlorkalium und metallisches Platin.

Ammoniumplatinchlorid ($NH_4Cl + PtCl_2$). *Versuch* c. Man tröpfle in eine Auflösung von Salmiak etwas Platinlösung: die beiden Salze verbinden sich mit einander zu einem gelben, unlöslichen Doppelsalze, welches unter dem Namen Platinsalmiak bekannt ist. Platinlösung wird, dieses Verhaltens wegen, zur Bestimmung des Ammoniaks, wie des gebundenen Stickstoffs, den man vorher zu Ammoniak macht, benutzt. (Weiteres 491.)

Schwefelplatin (PtS_2). *Versuch* d. Schwefelwasserstoffwasser schlägt aus Platinlösung schwarzbraunes Schwefelplatin nieder; gelbes Schwefelammonium löst den Niederschlag wieder auf. Direct verbinden sich beide Elemente nicht mit einander.

Man kann Schwefel auf Platinblech schmelzen und verbrennen, ohne dass das Blech angegriffen wird.

Platinbasen. Mit diesem Namen hat man gewisse merkwürdige, aus Ammoniak und Platinsalzen entstehende Verbindungen belegt, welche als Ammoniak (NH_3) angesehen werden können, in dem 1 Aeq. Wasserstoff durch 1 Aeq. Platin (NH_2Pt) oder 2 Wasserstoff durch 1 Platin und 1 Ammonium etc. vertreten sind. Die Salze dieser Basen sind in ihrem chemischen Verhalten den Ammoniumsalzen sehr ähnlich.

Platincyanverbindungen. Wie Eisencyanür mit Cyankalium und anderen positiven Cyanmetallen Doppelverbindungen liefert (409), so auch das Platincyanür ($PtCy$). Mehrere derselben zeichnen sich durch Dichroismus aus, sie zeigen verschiedene Farben, je nachdem man sie in gewissen Richtungen betrachtet; so das Kaliumplatincyanür Gelb und Blau; so das prachtvolle Magnesiumplatincyanür Roth, Grün und Blau etc.

Feinzertheiltes Platin.

491. Platinschwamm. *Versuch.* Wenn sich der beim vorigen Versuche erhaltene gelbe Niederschlag von Ammoniumplatinchlorid zu Boden gesetzt hat, giesst man die Flüssigkeit ab und lässt den ersteren in einem Schälchen soweit trocken werden, dass er einen feuchten Teig bildet, den man auf einen mehrfach zusammengebogenen Platindraht drückt und in eine Weingeistflamme hält. Der Salmiak verfliegt, das Platin aber bleibt als eine graue, locker zusammenhängende, poröse Masse, als sogenannter Platinschwamm zurück. In Wasserstoffgas gehalten, geräth dieser ins Glühen und entzündet das Gas (90). Das poröse Platin wirkt auf gasförmige Körper ähnlich, wie die Pumpe bei einer Windbüchse, nur noch ungleich schneller und kräftiger: es saugt dieselben ein und presst sie in seinen Poren so gewaltig zusammen, dass oft die Molecüle von zwei verschiedenen Gasen sich nahe genug kommen, um sich chemisch mit einander zu verbinden. Wie hier Wasserstoff und Sauerstoff zur Vereinigung gezwungen werden, so kann der Platinschwamm noch viele andere Gase, die sich direct nicht mit einander verbinden lassen, zu Verbindungen forciren. Man nennt diese eigenthümliche Wirkungsweise eine katalytische. Auch Platindraht und Platinblech können katalytisch wirken, wie die Versuche 124, 126 und 331 lehren.

Darstellung von Platin. Bei der Darstellung von reinem Platin verfährt man, wie hier angegeben. Man trennt das Platin von den fremden Metallen, welche das rohe Platin immer enthält, durch Lösen in Königswasser, Niederschlagen desselben als Platinsalmiak und Ueberführung des letzteren durch Glühen in Platinschwamm, aus dem man durch starkes Zusammenpressen einen zusammenhängenden Kuchen gewinnt, welcher sich weissglühend hämmern und weiter zu Blech oder Draht verarbeiten lässt.

Platinmohr. Durch Niederschlagen des Platins aus seinen Lösungen ist man im Stande, das Platin sogar noch feiner zertheilt als im Platinschwamm, in Gestalt eines zarten, schwarzen Pulvers zu gewinnen, welches noch weit kräftiger katalytisch wirkt als das schwammige Platin und auf 1 Vol. mehrere Hundert Volume Sauerstoff zu absorbiren vermag; es führt den Namen Platinschwarz oder Platinmohr. Tröpfelt man auf dieses Platinschwarz Weingeist, so entsteht ein Erglühen und eine fast augenblickliche Umwandlung des Weingeistes in Essigsäure. Der Grund der gedachten Umwandlung ist in einer Verbindung des Weingeistes mit Sauerstoff zu suchen, welche durch das poröse Platinschwarz vermittelt wird.

Iridium, Osmium, Ruthenium, Palladium und Rhodium.

492. Diese fünf seltenen Metalle bilden gleichsam die Trabanten des Platins; sie finden sich in sehr kleinen Mengen in dem rohen Platin und werden bei der Reinigung desselben durch umständliche Processe abgeschieden. Sie tragen ebenfalls den Charakter der edlen Metalle.

Iridium (Ir). Specif. Gew. 21,1. Dem Platin ähnlich, aber noch schwerer schmelzbar, spröde und selbst in Königswasser unlöslich. Giebt mit Sauerstoff 4 Oxyde. Mit dem folgenden Metalle legirt kommt es als Osmium-Iridium in besonderen, sehr harten, spröden Krystallkörnern unter dem Platinerze vor, welche bei der Behandlung des letzteren mit Königswasser ungelöst zurückbleiben.

Osmium (Os). Specif. Gew. 21,4. Schwarzes Pulver, unschmelzbar, fünf Oxyde bildend; die höchste Oxydationsstufe, Osmiumsäure, ist flüchtig und ihr Dampf besitzt einen höchst durchdringenden, erstickenden Geruch.

Ruthenium (Ru). Specif. Gew. 11,4. Grauweiss, spröde, kaum schmelzbar und in Königswasser fast unlöslich. Hat ebenfalls fünf Oxydationsstufen, von denen die höchste, Ruthensäure, sich als Dampf durch einen sehr reizenden Geruch auszeichnet.

Palladium (Pd). Specif. Gew. 11,8. Weiss, schweissbar und dehnbar wie Platin, doch drei Oxyde bildend und schon in Salpetersäure löslich. Die Lösung in Königswasser ($PdCl_2$) wird beim Eindampfen zu PdCl oder Palladiumchlorür, welches zur Entdeckung und Abscheidung des Jods benutzt wird, da es aus löslichen Jodmetallen alles Jod in der Form von schwarzem Palladiumjodür (PdJ) ausfällt.

Rhodium (Rh). Specif. Gew. 12,1. Graues Pulver, schwerer schmelzbar als Platin und in allen Säuren unlöslich. Mit Sauerstoff giebt es vier Oxyde.

Rückblick auf die Metalle der Platingruppe.

(Gold und Platin.)

1. Gold und Platin sind edle Metalle, sie bleiben blank an der Luft, d. h. sie haben so geringe Affinität zum Sauerstoff, dass sie sich selbst in der Glühhitze nicht mit demselben verbinden. Hat man sie auf anderem Wege zu Oxyden gemacht, so reicht das blosse Erhitzen hin, um sie wieder in Metall und Sauerstoff zu zerlegen (reduciren).

2. Eben so gering ist ihre Verwandtschaft zum Schwefel, mit dem sie sich durch Schmelzung nicht verbinden lassen.

3. Dagegen werden sie aus sauren Lösungen durch Schwefelwasserstoff als schwarze Schwefelmetalle niedergeschlagen, welche sich in gelbem Schwefelammonium wieder auflösen lassen (Trennung von anderen Metallen).

4. Von einfachen Säuren werden Gold und Platin nicht aufgelöst, nur durch Königswasser erhält man Lösungen, indem das Chlor des letzteren lösliche Chlormetalle erzeugt. Auch diese werden durch Glühhitze allein wieder zerlegt.

5. In der Natur kommen beide Metalle fast nur gediegen oder mit anderen gediegenen Metallen vermengt vor.

IV. Chromgruppe.

Zinn, Stannum (Sn).

(Aeq. Gew. = 59. — Specif. Gew. = 7,3.)

— Schon im Alterthume bekannt. —

493. Das Zinn gehört zu den wenigen Metallen, welche schon in den ältesten Zeiten bekannt waren. Es wird bei sehr geringer Hitze flüssig (bei 228° C.) und seine Erze finden sich in manchen Ländern in dem Sande, mit dem die Oberfläche der Erde bedeckt ist; es war daher leicht zu finden und leicht auszuschmelzen. Man holte es sonst hauptsächlich von den britischen Inseln, die deshalb auch den Namen Zinninseln erhielten, und noch jetzt, nächst Malakka in Ostindien, das reinste Zinn liefern. Der schöne Glanz des metallischen Zinns und seine grosse Weichheit und Biegsamkeit, seine geringe Affinität zum Sauerstoff, derzufolge es sich an der Luft und im Wasser lange blank erhält, seine leichte Schmelzbarkeit, derzufolge es sich besonders zu Gusswaaren und zum Ueberziehen anderer Metalle (Verzinnen) eignet: diese Eigenschaften vor allen sind es, welche das Zinn charakterisiren und es zu einem sehr geschätzten Metalle gemacht haben. Als Material für Speise- und Trinkgeschirre hat es zwar seine frühere Bedeutung verloren, seitdem man diese Geräthschaften aus Glas und Porzellan schön und billig darzustellen gelernt hat, dafür aber weiss man es jetzt auf mannichfache andere Weise als sonst in Künsten und Gewerben, insbesondere als Beizmittel in Färbereien und Druckereien, als Zinnfolie oder Stanniol zur Verpackung von Schnupftaback, Thee etc. zu benutzen. In den älteren chemischen Werken führt es den Namen Jupiter und das Zeichen ♃.

Probezinn. Die Zinngiesser verwenden zur Anfertigung ihrer Gusswaaren gewöhnlich bleihaltiges Zinn, weil dieses geschmeidiger ist und die Formen besser ausfüllt als das reine. Die Menge von Blei, welche dem Zinn zugesetzt werden darf, ist in den meisten Ländern gesetzlich vorgeschrieben ($^1/_9$ bis $^1/_6$). Man nennt eine solche Legirung Probezinn, im Gegensatze zu dem feinen oder Bergzinn, worunter das reine zu verstehen ist. Giesst man eine Säure auf Probezinn, so löst sich nur Zinn

auf; das Zinn hat also die Kraft, das Blei vor dem Angriffe der Säuren zu schützen. Zum Verzinnen und zu Zinnfolie darf nur reines Zinn verwendet werden.

Krystallstructur des Zinns. Biegt man eine dünne Zinnstange, so nimmt man ein knirschendes Geräusch (Schreien) und eine Erwärmung wahr; dies kommt daher, weil das Zinn, wie die meisten Metalle, beim Erstarren ein krystallinisches Gefüge annimmt und diese krystallinischen Theilchen durch das Biegen verschoben und an einander gerieben werden. Das bleihaltige Zinn knirscht weniger als das reine. Sehr schön lässt sich diese Krystallstructur auf dem schwachen Zinnüberzuge von Weissblech oder verzinntem Eisenblech hervorbringen.

Moiré Metallique. *Versuch.* Man erhitze ein Täfelchen von Weissblech auf einem Dreifusse mit einer Spirituslampe, bis das Zinn geschmolzen ist, und bespritze es dann mit Wasser, damit das Zinn schnell erstarre. Die Oberfläche des Bleches sieht grau und matt aus, denn sie ist mit einer Oxydschicht bedeckt; sehr bald aber treten auf ihr krystallinische Zeichnungen hervor, wenn man sie abwechselnd mit zwei Papierballen reibt, von denen der eine mit verdünntem Königswasser, der andere mit Kalilauge befeuchtet ist. Diese beiden Flüssigkeiten lösen nämlich den Ueberzug von Oxyd auf und legen die reine Zinnfläche bloss. Noch schöner und deutlicher treten jene Krystallgebilde hervor, wenn man das Blech mit einem durchsichtigen, farbigen Lackfirniss überzieht.

Fig. 157.



Zinnsäureanhydrid, sonst Zinnoxyd (SnO_2).

494. *Versuch.* Man erhitze ein Stückchen Zinn auf Kohle vor dem Löthrohre: es wird sich bald mit einem in der Hitze gelblichen, kalt aber weissen Pulver bedecken; dieses ist Zinnsäure (Zinnasche), eine Verbindung von 1 Aeq. Zinn mit 2 Aeq.

Sauerstoff. Die auf diese Weise erhaltene wasserfreie Zinnsäure löst sich in keiner Säure auf, kann auch durch keine noch so starke Hitze zum Schmelzen gebracht werden. Sie ist ein so zartes Pulver, dass man sie zum Glänzendmachen (Poliren) von Glas oder Metall anwendet.

Zinnstein. Als unlösliche wasserfreie Säure finden wir das Zinn auch in der Natur, entweder krystallisirt (Zinngraupen), oder in Felsarten eingesprengt (Zinnstein, in Sachsen und Böhmen), oder endlich als Gemengtheil des Sandes oder Schuttlandes mancher Länder (Holzzinn, in England). Die Zinnsäure ist das einzige Erz, aus dem man das Zinn im Grossen ausschmilzt; seine gewöhnlichsten Begleiter sind Eisen und Arsenik.

Zinnglasur. *Versuch.* 2 Thle. Zinn und 8 Thle. Blei werden auf Kohle gelegt und durchs Löthrohr erhitzt: sie schmelzen und vereinigen sich aufs Vollständigste mit einander; man erhält eine Legirung von Zinn und Blei. Wird diese durch weiteres Blasen ins Glühen gebracht, so tritt eine so energische Oxydation ein, dass die Masse in lebhafte Bewegung geräth und fortglimmt, auch wenn man die Erhitzung einstellt. Auf diese Weise bereiten sich die Töpfer die porzellanartige Glasur für Ofenkacheln wie für das Fayencegeschirr. Man reibe von dem erhaltenen Gemenge aus Blei- und Zinnoxyd etwas unter Boraxpulver und stelle sich aus letzterem auf Platindraht eine Perle dar; die Perle wird nicht durchsichtig, sondern wegen der darin vertheilten unschmelzbaren Zinnsäure undurchsichtig und porzellanartig erscheinen (Email).

Zinnsäurehydrat, sonst Zinnoxydhydrat.

495. Das Zinnsäurehydrat kommt in zwei isomerischen Modificationen vor, die zwar in einander übergehen können, aber doch sich zu Säuren und Alkalien verschieden verhalten.

Zinnsäurehydrat. *Versuch.* Von der nach 498 bereiteten Zinnchloridlösung versetze man einen Theil mit Ammoniak: es fällt gelblich-weisses, gallertartiges Zinnsäurehydrat nieder, welches sich bald wie eine Säure, bald wie eine Basis verhält und von überschüssigem Ammoniak, wie von Salzsäure oder Salpetersäure, leicht wieder gelöst wird, durch Trocknen aber diese Löslichkeit grösstentheils verliert. Versetzt man die Zinnchlorid-

lösung vorher mit Weinsäure, so bringt Ammoniak keinen Niederschlag darin hervor.

Metazinnsäurehydrat. *Versuch.* Man erhitze in einem Probirgläschen einige Körnchen Zinn mit Salpetersäure: das Zinn verwandelt sich unter lebhafter Entwickelung von gelben Dämpfen in ein weisses Pulver, welches zwar dieselbe Zusammensetzung hat wie das beim vorigen Versuche dargestellte Zinnsäurehydrat, aber ganz unlöslich in Salpetersäure und Ammoniak ist. Weiter unterscheidet sich dieses Hydrat, dem man den Namen Metazinnsäurehydrat gegeben hat, von dem ersteren noch dadurch, dass es in Salzsäure erst durch Kochen und nachherige Versetzung mit Wasser löslich wird und dass Weinsäure die Fällung desselben durch Ammoniak nicht hindert. Das angegebene Verhalten der starken Salpetersäure wird in der Analyse benutzt, um das Zinn von anderen Metallen zu unterscheiden und zu scheiden.

Beide Zinnsäurehydrate lösen sich in Kali- und Natronlauge und bilden damit zinnsaures Kali und zinnsaures Natron. Das letztere Salz findet unter dem Namen Präparirsalz in den Färbereien, insbesondere zur Herstellung lebhafter rother und gelber Farben, vielfache Anwendung.

Zinnoxydul (SnO).

496. *Versuch.* Zu einer verdünnten Lösung von Zinnchlorür (497) giesse man nach und nach etwas Kalilauge: es bildet sich ein weisser Niederschlag von Zinnoxydulhydrat. Durch Kochen der Flüssigkeit wird die Verbindung zwischen Oxydul und Wasser aufgehoben und man erhält wasserfreies Zinnoxydul, welches eine bläulich-schwarze Farbe hat und schnell mit abgekochtem Wasser ausgewaschen und getrocknet werden muss, weil es ausserdem noch mehr Sauerstoff aus der Luft anzieht. Erhitzt man das getrocknete Oxydul vor dem Löthrohre, so verglimmt es wie Zunder mit grosser Lebhaftigkeit zu weisser Zinnsäure. Mit Säuren bildet das Zinnoxydul Salze, die jedoch keine grosse Beständigkeit zeigen. Aber auch in Kali- oder Natronlauge ist es löslich, es verhält sich starken Basen gegenüber wie eine schwache Säure. Zinn, mit sehr verdünnter Salpetersäure kalt stehen gelassen, giebt eine Lösung von salpetersaurem Zinnoxydul. Bemerkenswerth hierbei ist, dass sich keine gelben Dämpfe entwickeln, weil sich neben dem Zinn-

oxydul aus dem Stickstoff der Salpetersäure und dem Wasserstoff des Wassers zugleich Ammoniak erzeugt.

Zinn und Chlor.

497. Zinnchlorür (Sn Cl + 2 H O). *Versuch.* Man lege in zwei Porzellanschälchen oder Steinzeugtöpfchen fein ausgewalztes Zinn (Stanniol) und übergiesse dann die eine Portion davon mit Salzsäure. Nach einigen Stunden wird die Säure auf das Zinn der zweiten Schale gegossen, von dieser wieder auf die erste u. s. f., so dass das Metall einige Tage lang abwechselnd mit der Luft und der Salzsäure in Berührung kommt. Durch den Sauerstoff der Luft bildet sich Zinnoxydul, durch die Säure wird dieses aufgelöst; man erhält auf diese Weise eine Lösung von salzsaurem Zinnoxydul oder richtiger von Zinnchlorür und Wasser, aus der sich durch Abdampfen und Erkalten farblose, rhombische Krystallsäulen oder Nadeln absetzen. Im gewerblichen Leben wird dieses besonders in den Färbereien und Druckereien viel gebrauchte Salz Zinnsalz genannt. Es hat mit den Eisenoxydulsalzen die Eigenschaft gemein, mit grosser Begierde noch mehr Sauerstoff anzuziehen und wirkt deshalb reducirend auf andere Metallverbindungen, z. B. auf Quecksilbersalze (474), wie auf gewisse Farbstoffe, z. B. Indigo u. a. Hieraus erklärt es sich, warum sich das lange mit der Luft in Berührung gewesene Zinnsalz nicht mehr klar auflöst, sondern milchig wird. Um eine klare Lösung zu erhalten, muss etwas Salzsäure zugesetzt werden, welche die ausgeschiedene Zinnsäure wieder auflöst. Die Lösung enthält dann Zinnchlorür-Chlorid. Mit Goldlösung giebt dieselbe Goldpurpur (485).

498. Zinnchlorid ($SnCl_2$). *Versuch.* Man versetze eine Lösung von Zinnsalz so lange mit Chlorwasser, als der Chlorgeruch noch verschwindet: aus Sn Cl wird dadurch die der Zinnsäure entsprechende Chlorverbindung $SnCl_2$ oder Zinnchlorid. Dieselbe Verbindung kann auch durch Kochen von Zinnsalzlösung mit Salzsäure und Salpetersäure oder durch Auflösen des Zinns in Königswasser erhalten werden. Die Färber nennen diese Flüssigkeit Zinnsolution oder Physik. Enthält die Lösung von Zinnchlorid in Wasser keine freie Säure, so scheidet sich bei längerem

Kochen alles Zinn als Zinnsäurehydrat daraus ab. Wasserfrei ist das Zinnchlorid eine farblose, schwere, ätzende Flüssigkeit, welche an der Luft dicke, weisse Dämpfe ausstösst; als Hydrat, mit 5 Aeq. Wasser verbunden, kann es krystallisirt erhalten werden.

Zinnbeizen. *Versuch.* Man vermische eine Abkochung von Rothholz mit Zinnchlorür oder Zinnchlorid: das Gelbroth der Flüssigkeit wird in schönes Purpurroth umgewandelt. Aehnliche vortheilhafte Farbenänderungen bringen diese beiden Salze auch bei anderen Farbstoffen hervor und man benutzt sie deshalb als sogenannte Beizen in der Färberei und Druckerei, wie zur Herstellung gewisser Malerfarben.

Zinn und Schwefel.

499. Einfach-Schwefelzinn oder Zinnsulfuret (SnS). *Versuch.* In ein 2 Grm. schweres Blatt von Stanniol packe man 1 Grm. Schwefelblumen ähnlich wie in ein Papier ein, rolle das Päckchen dann so lange, bis es in ein (vollkommen trocknes) Probirgläschen geht, und erhitze es in diesem: die Hälfte des Schwefels verbrennt, die andere Hälfte aber verbindet sich unter lebhaftem Erglühen mit dem Zinn zu einer braunschwarzen, glänzenden Masse. Bespritzt man das Gläschen, während es noch heiss ist, mit Wasser, so wird es rissig und lässt sich nun gut von dem geschmolzenen Schwefelzinn losmachen. Das Gewicht des letzteren beträgt nahezu $2\frac{1}{2}$ Grm.

Dieselbe Verbindung erhält man auf nassem Wege als einen dunkelbraunen Niederschlag, wenn man zu einer Lösung von Zinnchlorür Schwefelwasserstoffwasser bringt. An die Stelle von 1 Aeq. Chlor tritt 1 Aeq. Schwefel (Reagens).

500. Zweifach-Schwefelzinn oder Zinnsulfid (SnS_2). *Versuch.* Zu den bei dem vorigen Versuche erhaltenen und fein zerriebenen 2,5 Grm. Einfach-Schwefelzinn mische man 0,5 Grm. Schwefel und 1 Grm. Salmiak, bringe das Gemisch in ein kleines, trocknes Kochfläschchen mit dünnem Boden und erhitze dieses in einem Sandbade $1\frac{1}{2}$ Stunden lang: Man findet dann auf dem Boden des Fläschchens eine lockere, aus kleinen, goldglänzenden, krystallinischen Blättchen bestehende Masse, die unter dem

Namen Musivgold bekannt ist und aus Zweifach-Schwefelzinn besteht. Sie kann benutzt werden, um auf Holz, Gyps, Thon etc. einen goldähnlichen Ueberzug hervorzubringen (Bronziren). Den Salmiak findet man als einen Sublimat in dem oberen Theile des Gläschens wieder; er befördert das Entstehen einer schönen Goldfarbe, ohne selbst eine chemische Veränderung zu erleiden oder zu bewirken.

Fig. 158.



Auf nassem Wege erhält man dieselbe Verbindung als einen amorphen, gelben Niederschlag, wenn man eine Lösung von Zinnchlorid mit Schwefelwasserstoffwasser vermischt. An die Stelle von 2 Aeq. Chlor treten 2 Aeq. Schwefel (Reagens).

Darstellung des Zinns.

501. Das Zinn wird in den Zinnhütten auf eine sehr einfache Weise aus dem Zinnstein (Zinnsäure oder Zinnoxyd) gewonnen. Zuerst röstet man das feingepochte Erz; dadurch wird das Arsen verflüchtigt und das Eisen oxydirt. Dann wäscht oder schlämmt man es mit Wasser; dadurch wird das leichtere Steinpulver (die Gangart) wie der grösste Theil des Eisenoxyds fortgespült. Endlich schmilzt man das Erzpulver (Schlich) mit Schlacken und Kohle in einem Schachtofen und erhält Kohlenoxydgas und Zinnmetall, welches letztere unten abfliesst und durch eine Art von Saigerungsprocess gereinigt wird. Das sächsische Zinn wird gewöhnlich in dünne Blätter, das englische in dünne Stangen oder in Blöcke ausgegossen. Das meiste im Handel vorkommende Zinn enthält noch Spuren von Arsen und anderen Metallen, am reinsten ist das ostindische und englische.

502. **Loth.** Legirungen von Zinn und Blei werden von den Metallarbeitern unter dem Namen Loth allgemein benutzt, um Metall mit Metall zusammenzukleben (weich zu löthen). Was

für den Tischler der Leim ist, das ist für den Klempner das Loth. Am leichtesten schmelzbar ist eine Legirung aus 2 Thln. Zinn und 1 Thl. Blei; sie hat deswegen den Namen Schnellloth erhalten. Eine andere Legirung, die man zum Verlöthen von gröberen Sachen, z. B. von Dachrinnen, anwendet, wird aus 2 Thln. Blei und 1 Thl. Zinn zusammengesetzt und Streichloth genannt, weil sie so dickflüssig ist, dass sie nicht von selbst breitläuft, sondern breitgestrichen werden muss. Das Probezinn ist eine bleiarme Zinnlegirung (493). Geräthschaften, welche zur Bereitung oder Aufbewahrung von Nahrungsmitteln dienen, müssen mit reinem Zinn gelöthet werden. Für Metallgeräthschaften, welche eine stärkere Hitze auszuhalten haben, bedient man sich des Messings oder eines ähnlichen, schwer schmelzbaren Metallgemisches zum Löthen (Hartloth). Gold wird mit Silber, Platin mit Gold gelöthet.

Aus einer Legirung von Zink und Zinn wird das unächte Blattsilber (Silberschaum) bereitet, indem man dieselbe so lange hämmert, bis sie sich zu den dünnsten Blättchen ausgedehnt hat.

1 Thl. Antimon und 6 bis 9 Thle. Zinn geben die unter dem Namen Britannia-Metall zur Anfertigung von Theekannen u. a. bekannte und beliebte Legirung.

Zinn- und Kupferlegirungen s. 461; Zinn- und Quecksilberlegirungen s. 475.

Verzinnung.

503. Wie man Kupfer oder Messing auf trocknem Wege mit Zinn überzieht, ist schon beim Salmiak (325) gezeigt worden. Das bekannte Weissblech der Klempner wird so bereitet, dass man das vollkommen oxydfreie (gebeizte) Eisenblech längere Zeit abwechselnd in geschmolzenem Zinn und geschmolzenem Talg stehen lässt; es erzeugt sich hierbei aus dem Eisen eine Eisenzinnlegirung mit einem dünnen Ueberzuge von reinem Zinn. Schwache Zinnüberzüge lassen sich auch auf nassem Wege hervorbringen.

Versuch. Man koche in einer Porzellanschale feingeschnittenes Stanniol oder Zinnsäure mit gepulvertem Weinstein und Wasser einige Zeit und werfe dann einige blank gescheuerte

Kupferpfennige und Messingstifte in die Mischung: diese werden bei fortgesetztem Kochen sich mit einem weissen Ueberzuge von Zinn bedecken. Die freie Säure des Weinsteins bewirkt, dass sich etwas Zinn auflöst, welches in Folge des bei der Berührung des Kupfers und Messings mit dem noch ungelösten Zinn entstehenden galvanischen Stromes auf den ersteren, elektropositiveren Metallen wieder niedergeschlagen wird. Auf diese Weise werden die Stecknadeln verzinnt oder weiss gesotten.

Zinn und Essig. *Versuch.* Man lasse in einem Gefässe von Weissblech eine Nacht hindurch Essig stehen und prüfe ihn dann mit Goldlösung: die entstehende röthliche Färbung zeigt an, dass auch der schwache Essig Zinn aufzulösen vermag. Das Zinn wirkt zwar nicht so giftig als Blei und Kupfer, ist aber doch gesundheitsschädlich; man darf daher saure Speisen und Getränke nie längere Zeit in zinnernen oder verzinnten Gefässen stehen lassen.

Titan (Ti), Tantal (Ta), Niob (Nb).

504. Diese drei Metalle bilden mit Sauerstoff Säuren, welche theils in ihrer Zusammensetzung, theils in ihren Eigenschaften Aehnlichkeit mit der Zinnsäure haben. Tantal und Niob kommen als Säuren, mit Eisenoxydul verbunden, in den seltenen schwarzen Mineralien Tantalit und Columbit vor. Das Titan hat eine grössere Verbreitung, denn es findet sich als freie Titansäure (TiO_2) in den Mineralien Rutil und Anatas, häufiger als titansaures Eisenoxydul in dem schwarzen, dem Magneteisenstein ähnlichen Titaneisenerz. Das Titanmetall ist durch seine grosse Affinität zum Stickstoff bemerkenswerth. Schon beim blossen starken Erhitzen nimmt es diesen aus der Luft auf und geht dabei von Eisengrau in Kupferroth über (Stickstofftitan).

Wismuth (Bismuthum (Bi).

(Aeq.-Gew. = 208. — Specif. Gew. = 9,8.)

505. Das Wismuth ist vorzugsweise ein sächsisches Metall, welches häufig die Kobalterze begleitet und sich beim Verschmelzen dieser Erze zu Smalte, zugleich mit dem selten darin fehlenden Nickel, als sogenannte Kobaltspeise absondert. Aus dieser

wie auch aus den Wismutherzen selbst, in denen es meistens gediegen vorkommt, gewinnt man das Metall auf eine sehr einfache Weise. Das Wismuth schmilzt nämlich schon bei einer Hitze, die nur reichlich $2^1/_2$mal so stark zu sein braucht als die des kochenden Wassers (bei 264° C.), man hat also nur nöthig, die ersteren auf einer geneigten Platte oder in einer schräg liegenden eisernen Röhre gelind zu erhitzen; das Wismuth schmilzt dann und fliesst unten ab, während die anderen Metalle oder Erze, nebst der Gangart, ungeschmolzen zurückbleiben. Man nennt diese Art der Metallgewinnung eine Aussaigerung. Das Wismuth ist spröde, hat ein krystallinisch-blättriges Gefüge und eine röthlich-weisse Farbe.

Wismuthoxyd (BiO_3).

506. *Versuch.* Man erhitze ein Stückchen Wismuth auf einer Kohle vor dem Löthrohre: es schmilzt unter Funkensprühen und verdampft bei grösserer Hitze unter lebhaftem Kochen; ein Theil des Dampfes verdichtet sich dabei auf der Kohle und überzieht sie mit einem gelben Pulver; dieses ist Wismuthoxyd. Wirft man die glühende Kugel in ein aus Papier zusammengefaltetes Kästchen, so zertheilt sie sich in viele kleine Kügelchen, die einige Augenblicke glühend umherspringen. Der Knoblauchgeruch, der sich oft beim Erhitzen zeigt, rührt von Arsen her, von dem sich kleine Quantitäten fast in jedem käuflichen Wismuth vorfinden. Als weisses Oxydhydrat erhält man das Wismuthoxyd, wenn man die Lösung eines Wismuthsalzes mit Kali- oder Natronlösung versetzt. Weitere Oxydationsstufen des Wismuths sind: Wismuthoxydul (BiO_2), ein schwarzgraues Pulver, und Wismuthsäure (BiO_5), ein dunkelrothes Pulver.

Rose'sches Metall. *Versuch.* Man schmelze in einem Löffel 10 Grm. Wismuth mit 5 Grm. Blei und 5 Grm. Zinn zusammen; die erhaltene Legirung hat die höchst merkwürdige Eigenschaft, dass sie, in kochendes Wasser geworfen, vollkommen flüssig wird. Wismuth schmilzt bei 264°, Blei bei 335°, Zinn bei 228° C., und das Gemisch aus diesen drei Metallen schon unter 100° C. Vermehrt man den Zusatz des Bleies, so kann man sich leichtflüssige Legirungen für jede beliebige Temperatur über 100° C. darstellen. Solche wendet man zuweilen als Sicherheits-

platten bei Dampfkesseln an. Mit der Spannung des Dampfes im Kessel steigt auch die Hitze des Dampfes, man hat also nur die anzuwendende Legirung so auszuwählen, dass sie bei einer etwa eintretenden übermässigen Vermehrung des Dampfes eher durch die Hitze des Dampfes geschmolzen wird, als ein Reissen der Kesselwände stattfinden kann. Da diese Legirungen in geschmolzenem Zustande das Holz nicht verbrennen, so eignen sie sich auch sehr gut, um von gravirten Holzformen metallene Abdrücke für den Buch- und Zeugdruck zu machen. Nach dem Erfinder heisst diese Legirung auch Rose'sches Metall.

Wismuthsalze.

507. *Versuch.* Am leichtesten wird das Wismuth von der Salpetersäure oxydirt und aufgelöst. Man löse etwas Wismuth unter mässiger Erwärmung in dieser Säure auf und lasse einen Theil der Lösung ruhig stehen: es bilden sich schöne, farblose und durchsichtige Krystalle von salpetersaurem Wismuthoxyd ($BiO_3, 3\,NO_5 + 9\,HO$). Den andern Theil der Lösung giesse man unter eine grosse Menge kalten Wassers: es wird eine starke Trübung und bei ruhigem Stehen ein weisser Niederschlag entstehen, der nur noch $1/3$ so viel Salpetersäure enthält, als das neutrale Salz. Das Wismuthoxyd ist eine schwache Basis, deren Salze schon durch Wasser eine Zerlegung erfahren. Das zarte, feinschuppige Pulver heisst basisch oder drittelsalpetersaures Wismuthoxyd ($BiO_3, NO_5 + 2\,HO$). Bei

Saures Salz, löslich.

BiO_3	$3\,NO_5$
BiO_3	$3\,NO_5$
BiO_3	$3\,NO_5$
BiO_3	$3\,NO_5$

Basisches Salz, unlöslich.

Anwendung von heissem Wasser erhält man eine noch basischere Verbindung, die als Arzneimittel (Magisterium Bismuthi) Anwendung findet, sonst auch ihrer Weichheit wegen als weisse Schminke benutzt wurde. In der Flüssigkeit bleibt wenig Wismuthoxyd mit viel Salpetersäure aufgelöst. Der Strich durch die nebenstehenden Formeln giebt die hierbei stattfindende Zersetzung an, die

insofern ein allgemeines Interesse hat, als sie zeigt, dass durch die grössere oder geringere Verdünnung mit Wasser allein die Affinitäten der Körper zu einander verändert werden können. Löst man Wismuth in Königswasser, so erhält man dreifach Chlorwismuth ($BiCl_3$); auch aus der Lösung dieses Salzes fällt Wasser ein weisses basisches Salz.

An diesem Verhalten gegen Wasser können die Wismuthsalze erkannt werden. Tröpfelt man zu der beim vorigen Versuche verbliebenen Flüssigkeit Schwefelwasserstoffwasser, so erhält man einen braunschwarzen Niederschlag von Schwefelwismuth (BiS_3), eine Verbindung, die auch natürlich als Wismuthglanz vorkommt.

Chrom (Cr).

(Aeq.-Gew. = 26. — Specif. Gew. = 6,8.)

— 1797 von Vauquelin entdeckt. —

508. Das Chrommetall gehört zu den schwerschmelzbarsten Metallen und ist nur erst als ein graues Pulver dargestellt worden. Obwohl noch ziemlich jung, sind doch schon mehrere seiner Verbindungen ganz allgemein verbreitete und geschätzte Handelsartikel geworden. Der Grund dieser schnellen Verbreitung ist in dem schönen Ansehen vieler Chrompräparate zu suchen, demzufolge sie sich trefflich zu Farben eignen. Dies hat auch Veranlassung zu dem Namen Chrom (Farbe) gegeben.

Chromerz. Das wichtigste Chromerz, der Chromeisenstein, ein unansehnliches, schwarzes, aus Chromoxyd und Eisenoxydul bestehendes Mineral, wird grösstentheils aus Nordamerika geholt und fabrikmässig durch Glühen mit Pottasche und Salpeter in das folgende rothe, aus Chromsäure und Kali zusammengesetzte Salz umgewandelt, aus welchem man die Chromfarben und anderen Chromverbindungen darstellt.

Chromsaures Kali.

509. Die Chromsäure bildet mit den Alkalien zwei Reihen von leichtlöslichen Salzen, einfach- und zweifach-saure.

Rothes oder zweifach-chromsaures Kali ($KO, 2\,CrO_3$). Das im Grossen dargestellte Salz kommt gewöhnlich in ansehnlichen, tafel- oder säulenförmigen Krystallen von schön gelbrother Farbe

vor, die sich in 10 Thln. kalten Wassers zu einer intensiv gefärbten Flüssigkeit lösen. Die weiteren Eigenschaften und Benutzungen ergeben sich aus den folgenden Versuchen.

Gelbes oder einfach-chromsaures Kali (KO, CrO_3). *Versuch.* Zu einer Lösung von 8 Grm. des rothen Salzes in 80 Grm. Wasser schütte man 4 Grm. gereinigte Pottasche und dampfe die hellgelb gewordene Flüssigkeit stark ein: es werden sich beim Erkalten gelbe Krystalle daraus absetzen. Diese bestehen aus neutralem chromsaurem Kali. Das Kali der zugesetzten Pottasche hat sich, während die Kohlensäure entwich, mit dem zweiten Aequivalent Chromsäure verbunden. Tröpfelt man zu einer Lösung des gelben Salzes Salpetersäure, so wird die Flüssigkeit dunkler, und man erhält beim Abdampfen wieder rothe Krystalle daraus, gemengt mit Salpeterkrystallen. Man bemerkt leicht, dass die Salpetersäure die Hälfte des Kalis wieder weggenommen hat. Da die Chromsäure das Färbende in den chromsauren Kalisalzen ist, so leistet 1 Pfund des rothen chromsauren Kalis in den Färbereien natürlich weit mehr als 1 Pfund des gelben.

Chromsaures Bleioxyd.

510. Mit dem Bleioxyd bildet die Chromsäure unlösliche gelbe, gelbrothe und rothe Verbindungen, welche beliebte Malerfarben darstellen.

Chromgelb oder neutrales chromsaures Bleioxyd (PbO, CrO_3). *Versuch.* Zu einer Lösung des rothen oder gelben chromsauren Kalis wird so lange aufgelöster Bleizucker gegossen, als ein Niederschlag entsteht; der ausgewaschene und getrocknete Niederschlag ist das bekannte Chromgelb, die lebhafteste und ergiebigste unter allen gelben Deckfarben. Durch Vermischen mit weissen Körpern, z. B. mit Kreide, Talk, Thon, Gyps u. s. w., entstehen daraus zahllose andere gelbe Farbennüancen, als: Neu-, Kaiser-, Königs-, Pariser- etc. Gelb; durch Vermischung mit Berlinerblau aber die unter den Namen Oelgrün, Neapelgrün, grüner Zinnober etc. bekannten, wohlfeilen, grünen Anstrichfarben. Das Mineral Rothbleierz ist natürliches chromsaures Bleioxyd.

Chromorange. *Versuch.* Wird das Chromgelb mit Wasser angerührt und unter Zusatz von etwas Pottasche erhitzt, so geht dasselbe in Chromorange über, welches gleichfalls als Malerfarbe

gebraucht wird. Dieses enthält etwas weniger Chromsäure als das Chromgelb; das Kali wirkt demnach so, dass es dem Chromgelb einen Antheil Chromsäure entzieht, was man schon an der gelben Farbe der Flüssigkeit erkennt, die man beim Abfiltriren des Chromorange erhält. Da Aetzkalk ebenso wirkt wie Pottasche, so muss in der Zimmermalerei ein Kreidegrund hergestellt werden, wenn man mit Chromgelb malen oder anstreichen will; auf Kalkgrund geht letzteres in Orange über.

Chromroth oder basisch chromsaures Bleioxyd ($2 PbO, CrO_3$). Durch Schmelzen mit Salpeter lässt sich dem Chromgelb noch mehr, bis zur Hälfte, Chromsäure entziehen; auf diese Weise erhält man eine Farbe, fast so schön roth wie Zinnober, das Chromroth oder basisch chromsaure Bleioxyd. Wie man sieht, verhält sichs mit der Farbe der Bleiverbindungen umgekehrt, als mit den Kaliverbindungen: das gelbe chromsaure Bleioxyd geht in orangefarbenes und rothes über, wenn man Chromsäure wegnimmt, das gelbe chromsaure Kali dagegen wird zu rothem, wenn man noch mehr Chromsäure hinzusetzt, oder, was auf Eins hinauskommt, wenn man ihm Kali entzieht.

Gelbfärben mit Chrom. *Versuch.* Auch zum Färben und Bedrucken von Garnen und Zeugen hat das Chromgelb eine ausserordentlich bedeutende Anwendung gefunden. Man tauche ein Stückchen Kattun zuerst in eine Lösung von chromsaurem Kali, dann, nachdem es trocken geworden, in eine Bleizuckerlösung: es wird gelb gefärbt. Bringt man nun ein wenig gebrannten Kalk mit Wasser in einem Schälchen zum Kochen und taucht das gelb gefärbte Zeug einige Augenblicke hinein, so nimmt es eine rothgelbe Farbe an, weil der Kalk dem Chromgelb einen Theil seiner Chromsäure entzieht. Unlösliche gelbe Verbindungen giebt die Chromsäure ferner mit Baryt, rothe mit Silberoxyd etc.

Chromsäure (CrO_3).

511. Bereitung. *Versuch.* Man zerreibe 20 Grm. rothes chromsaures Kali zu Pulver, schütte es in ein Porzellanschälchen, und darauf ein Gemisch aus 20 Grm. Wasser und 20 Grm. englischer Schwefelsäure, und erhitze das Ganze unter stetem Umrühren 5 Minuten lang. Ein Tropfen davon auf Fliesspapier gebracht, verwandelt seine gelbrothe Farbe unter Auf-

brausen sogleich in eine grüne. Wenn die Schale vollständig erkaltet ist, so bringt man unter die ziemlich dicke Salzmasse 20 Grm. kaltes Wasser, rührt einige Minuten und lässt dann unter behutsamem Neigen das Flüssige in ein Becherglas ablaufen. Was in der Schale zurückbleibt, ist schwefelsaures Kali; in der Flüssigkeit aber hat man eine Auflösung von Chromsäure, welche durch Zufügung von 60 bis 80 Grm. englischer Schwefelsäure als ein rother Schlamm niedergeschlagen wird. Man stellt das Becherglas, mit einem Brettchen bedeckt, 24 Stunden bei Seite, und giesst dann die über dem Niederschlage stehende Säure vorsichtig in ein Gefäss, den übrigbleibenden rothen Brei aber auf einen neuen Ziegelstein, in den sich das Flüssige vollends einzieht. Nach 24 Stunden, während welcher Zeit eine Schüssel über den Niederschlag gedeckt wird, hat man die Chromsäure als ein krystallinisches, rothes Pulver auf dem Steine, welches man mit einem Glasstabe loskratzt und in ein weitmündiges, mit einem Glasstöpfel versehenes Glas bringt.

Zersetzung der Chromsäure. Die Chromsäure zerfällt schon durch blosses Erhitzen, indem sie die Hälfte ihres Sauerstoffs abgiebt, in grünes Chromoxyd und freien Sauerstoff. Gleiches geschieht mit überraschender Schnelligkeit, wenn sie mit gewissen oxydirbaren Körpern, insbesondere organischen, zusammenkommt, wie folgende Versuche lehren.

Chromsäure und Weingeist. *Versuch* a. Man schwenke ein Trinkglas mit starkem Weingeist aus und werfe dann einige Krümel Chromsäure hinein: der an der Bodenwand haften gebliebene Weingeist wird sich mit der Hälfte von dem Sauerstoff der Chromsäure mit solcher Energie verbinden, dass er sich entzündet und augenblicklich als Flamme aus dem Glase schlägt. Die Veränderung, die der Weingeist hierbei erleidet, lässt sich schon durch den Geruch errathen, der an den der Essigstuben erinnert; in diesen zieht der im Branntwein, Bier etc. enthaltene Weingeist langsam Sauerstoff aus der Luft an und wandelt sich erst in Aldehyd, zuletzt in Essig etc. um; hier erfolgt dieselbe Umwandlung plötzlich durch den Sauerstoff der Chromsäure.

Chromsäure, Camphor und Weingeist. *Versuch* b. Man menge in einem kleinen Mörser eine Messerspitze voll Chromsäure mit ungefähr $1/4$ Camphorpulver (ohne stark aufzudrücken) und lasse dann von einer ziemlichen Höhe herab

einige Tropfen Weingeist in den Mörser fallen: es erfolgt eine augenblickliche Entzündung und Verpuffung, fast so, als ob man Schiesspulver abbrennte. Der Rückstand im Mörser hat nach der Zersetzung das Ansehen einer zierlichen Moosvegetation; er besteht aus Chromoxyd, welches in dem Augenblicke, wo es sich bildete, durch die brennenden Camphordämpfe auseinander getrieben und dadurch zertheilt wurde.

Wie sich aus diesem Verhalten ergiebt, gehört die Chromsäure mit der Salpetersäure, Chlorsäure, Mangansäure, Uebermangansäure, dem Manganüberoxyd, Bleiüberoxyd und Chlor (und dem feinzertheilten Platin) in eine und dieselbe Kategorie: sie besitzt in hohem Grade das Vermögen, andere Körper mit Sauerstoff zu vereinigen, sie ist eins der kräftigsten Oxydationsmittel. Wie jene sauerstoffreiche Körper entwickelt sie auch Chlor, wenn sie mit Salzsäure zusammengebracht wird.

Chromsäure und Wasserstoffüberoxyd. *Versuch* c. Versetzt man eine wässerige Lösung von Wasserstoffüberoxyd mit einigen Krümeln von Chromsäure, so wird sie tiefblau; die Farbe verschwindet aber bald wieder unter Entwickelung von Sauerstoff. Schüttelt man sie jedoch, ehe dies geschehen, mit Aether, so nimmt dieser die blaue Verbindung auf und bildet eine blaue Schicht auf der wässerigen Flüssigkeit. Dieses Verhalten dient zur Erkennung kleiner Mengen von Wasserstoffüberoxyd, wie von Chromsäure.

Chromoxyd (Cr_2O_3).

512. *Versuch.* In einem trocknen Probirgläschen erhitze man einige kleine Krystalle von zweifach chromsaurem Ammoniak, bis dieselben zu verpuffen anfangen; das gelbrothe Salz quillt dann unter lebhafter Bewegung und Funkensprühen zu einer lockeren, grünen Masse (der von Versuch b. der vorigen Nummer ähnlich) auf, indem seine Bestandtheile sich in Chromoxyd, Stickstoff und Wasser umsetzen. Diese Eigenschaft der gebundenen Chromsäure, ebenso in Chromoxyd und Sauerstoff zu zerfallen, wie die freie, benutzt man bei der organischen Analyse, um durch den letzteren organische Körper in Glasröhren zu verbrennen. Am häufigsten verwendet man geschmolzenes chromsaures Bleioxyd zu diesem Zwecke.

Das Chromoxyd ist in Säuren und Alkalien unlöslich und wird durch Wasserstoff nicht, durch Kohle nur in starker Weissglühhitze reducirt. Auf Porcellan und Glas erzeugt man mit demselben das feuerbeständigste Grün; es wird deswegen als eine werthvolle Schmelzfarbe geschätzt. Smaragd und Rubin verdanken demselben ihre Farbe.

Chromoxydhydrat.

513. *Versuch.* Man koche Chromgelb in einem Probirgläschen mit Salzsäure: es wird weiss und die Flüssigkeit grün; der weisse Bodensatz besteht aus Chlorblei, in der Flüssigkeit aber ist Chromchlorid gelöst. Ein während des Kochens in das Gläschen gehaltenes feuchtes Lackmus- oder mit Tinte bestrichenes Papier wird gebleicht, denn es entweicht zugleich Chlorgas. Der Vorgang ist dem bei der Chlorentwickelung aus Braunstein oder beim Königswasser analog. Die grüne Flüssigkeit wird in kaltes Wasser gegossen, filtrirt und vorsichtig mit Kalilauge versetzt: das Kali bildet mit dem Chromchlorid lösliches Chlorkalium und unlösliches Chromoxydhydrat; aus Cr_2Cl_3, 3 KO und 3 HO bilden sich 3 KCl und Cr_2O_3, 3 HO. Das Chromoxydhydrat scheidet sich als ein graulich-grüner Niederschlag aus, in überschüssigem Kali löst es sich zwar auf, wird aber durch längeres Kochen aus der Lösung wieder abgeschieden. Es ist eine schwache Basis und bildet mit Säuren grün gefärbte Salze.

Eine andere Modification von Chromoxydhydrat mit anderem Wassergehalt ist in Ammoniak mit rother Farbe löslich und giebt mit Säuren violett gefärbte Salze. Beide Modificationen können in einander übergehen. Durch Kochen werden die violetten Lösungen grün, durch lange Aufbewahrung die grünen nach und nach violett.

Chromoxydul (Cr O) kennt man nur als braunes Hydrat, welches mit grösster Begierde aus Wasser und Luft Sauerstoff anzieht und sich in Oxyduloxyd verwandelt.

Chromalaun.

514. *Versuch.* Löst man 20 Grm. rothes chromsaures Kali in 80 Grm. Wasser und 30 Grm. englischer Schwefelsäure unter ge-

linder Erwärmung auf und tröpfelt dann in das vollständig erkaltete Gemisch nach und nach in kleinen Quantitäten Weingeist, so lange als noch ein Aufbrausen und ein ätherartiger Geruch wahrzunehmen ist, so lagert sich bei mehrtägigem Stehen ein grauviolettes Pulver am Boden ab, welches aus kleinen Krystallen von Chromalaun besteht. Löst man dasselbe, nachdem man es nach Entfernung der Lauge einigemale mit kaltem Wasser abgespült hat, in lauem Wasser auf, und stellt die Lösung an einen kühlen Ort, so findet man nach 1 bis 2 Tagen roth-schwarze, octaëdrische Krystalle von Chromalaun ($KO, SO_3 + Cr_2O_3, 3SO_3$) am Boden des Gefässes. Durch die Schwefelsäure wurde schwefelsaures Kali gebildet und die Chromsäure in Freiheit gesetzt, durch den Weingeist wurde die letztere zu Chromoxyd desoxydirt, das sich ebenfalls mit Schwefelsäure verband. Die beiden Salze traten zu einem Doppelsalze zusammen, welches als Alaun angesehen werden kann, in welchem die Thonerde durch Chromoxyd vertreten ist (366).

Mit Chlor bildet das Chrom: a. Chlorür ($CrCl$), weiss, in Wasser mit blauer Farbe löslich; b. Chlorid (Cr_2Cl_3), schön violette Krystallblätter, die sich bei Gegenwart von nur Spuren von Chlorür mit grüner Farbe in Wasser lösen; c. Superchlorid ($CrCl_3$), nur in Verbindung mit Chromsäure bekannt.

Mit Schwefel verbindet sich Chrom auf nassem Wege nicht. In den Lösungen der Chromoxydsalze bringt Schwefelammonium zwar einen Niederchlag hervor, dieser ist aber Oxydhydrat.

Wolfram (W).

(Aeq.-Gew. = 92. — Specif. Gew. = 18.)

— Wolframsäure 1781 von Scheele entdeckt. —

515. Als Begleiter des Zinnsteins, namentlich zu Altenberg in Sachsen, kommen zwei Mineralien vor, welche Wolframsäure (WO_3) enthalten: a. Tungstein, in farblosen Quadratoctaëdern, aus wolframsaurem Kalk bestehend; b. Wolfram, in schwarzen und sehr schweren, krystallinischen Massen, eine Verbindung von Wolframsäure mit Eisenoxydul und Manganoxydul. Das daraus dargestellte Metall ist stahlgrau, spröde, sehr hart und im Ofenfeuer unschmelzbar; es wird zuweilen dem Stahl zugesetzt, um seine Härte zu erhöhen (Wolframstahl). Ausser der

Wolframsäure, welche in einer unlöslichen und einer löslichen Modification (Metawolframsäure) auftreten kann, giebt es noch eine niedrigere Oxydationsstufe, Wolframoxyd (WO_2). Beide Oxyde vereinigen sich zu wolframsaurem Wolframoxyd, welches sich durch eine intensiv blaue Farbe auszeichnet (Wolframcarmin). Tritt noch Natron hinzu, so nimmt die Verbindung die Form von goldähnlichen Metallflittern an (Wolframbronze).

Molybdän (Mo).

(Aeq.-Gew. = 48. — Specif. Gew. = 8,6.)

— Molybdänsäure 1778 von Scheele entdeckt. —

516. Unter dem Namen Molybdän-Wasserblei oder Molybdänglanz kommt zu Altenberg in Sachsen auch das bekannteste Molybdänerz vor. Seinem Aeusseren nach gleicht es dem gewöhnlichen Wasserblei oder Graphit, es ist bleigrau, metallglänzend, blättrig, weich und abfärbend, wie Graphit; seine Bestandtheile sind aber Molybdänmetall und Schwefel (MOS_2). Ausserdem findet sich Molybdän noch in dem Gelbbleierz, welches aus Molybdänsäure und Bleioxyd besteht.

Röstet man Schwefelmolybdän an der Luft, so bilden sich schweflige Säure, welche entweicht, und Molybdänsäure (MoO_3), welche zurückbleibt. Diese Säure bildet mit Ammoniak ein saures Salz, welches in der analytischen Chemie als das schärfste Erkennungsmittel der Phosphorsäure benutzt wird. Man bereitet das Reagens, indem man zu der Lösung des zweifach molybdänsauren Ammoniaks so viel Salpetersäure zufügt, bis der anfänglich entstehende weisse Niederschlag sich wieder aufgelöst hat. In dieser Lösung bringen Spuren von phosphorsauren Salzen beim Erwärmen eine gelbe Färbung, grössere Mengen einen intensiv gelben, pulverigen Niederschlag hervor, der in Säuren unlöslich, aber in Ammoniak leichtlöslich ist und aus einer Verbindung von Molybdänsäure und Phosphorsäure, nebst etwas Ammoniak und Wasser, besteht.

Das Molybdänmetall ist silberweiss und sehr hart und strengflüssig. Mit Sauerstoff bildet es, ausser der Molybdänsäure, noch ein Oxydul, ein Sesquioxyd und ein Oxyd. Molybdänsaures Molybdänoxyd ist intensiv blau, wie die entsprechende Wolframverbindung.

Vanadin (V).

— 1830 von Sefström entdeckt. —

517. Ausser in einigen seltenen Mineralien kommt das Vanadin zwar in manchen Eisenerzen und anderen Gesteinen vor, jedoch nur in so geringer Menge, dass seine Abscheidung daraus grossen Schwierigkeiten unterliegt. In seinem chemischen Verhalten hat es theils mit dem Molybdän, theils mit dem Chrom vielfache Aehnlichkeit. Die höchste Sauerstoffverbindung ist eine braunrothe Säure, Vanadinsäure (VO_3). Ausserdem bildet es mit Sauerstoff noch ein Oxyd und ein Oxydul.

Antimon, Stibium (Sb).

(Aeq.-Gew. = 122 [Spiessglanzmetall]. — Specif. Gew. = 6,7.)

— Antimonmetall seit dem 15. Jahrhundert, Antimonverbindungen seit den ältesten Zeiten bekannt. —

518. Das Antimon hat ein blättrig-krystallinisches Gefüge und einen weissen Metallglanz, wie das Wismuth, nur ohne den röthlichen Schein des letzteren; an Sprödigkeit steht es demselben noch voran, denn es kann in einem Mörser leicht zu Pulver zerrieben werden. Sein Schmelzpunkt liegt ungefähr bei 450° C. Gegen das thierische Leben treten die löslichen Antimonpräparate als offene Feinde auf, und die Folge davon ist, dass der Magen sich anstrengt, die in ihn gebrachten derartigen Verbindungen wieder aus dem Körper herauszuschaffen. Dies geschieht durch Erbrechen, und hierdurch gerade ist das Antimon zu einem sehr wichtigen Arzneimittel geworden.

Darstellung. Das Antimon kommt hauptsächlich mit Schwefel verbunden als Grauspiessglanzerz in der Natur vor. Um aus letzterem metallisches Antimon darzustellen, braucht man es nur mit Eisenfeile zusammenzuschmelzen; es erzeugt sich dann leichteres Schwefeleisen und schwereres Antimonmetall, welches durch Umschmelzen mit Soda von dem zurückgehaltenen Eisen befreit wird.

Legirungen. Die wichtigste Antimonlegirung ist das aus Blei und $\frac{1}{4}$ Antimon dargestellte Letternmetall der Buchdrucker. Britanniametall s. 502.

Antimonige Säure, sonst Antimonoxyd (SbO_3).

519. *Versuch.* An der Luft verändert sich das Antimon nicht; erhitzt man aber ein Stückchen davon auf Kohle vor dem Löthrohre, so schmilzt es bald und verbrennt mit weisser Flamme zu antimoniger Säure (Oxyd), welche theils als weisser Dampf entweicht, theils sich als Beschlag auf der Kohle absetzt. Lässt man die geschmolzene Metallkugel langsam erkalten, so verdichtet sich die antimonige Säure zu Krystallen, welche um das Metall herum ein Spalier von weissen Spiessen bilden. In eine Papierkapsel geworfen, zerspringt die weissglühende Kugel dagegen zu unzähligen Körnchen, die einige Zeit glühend umherhüpfen und auf ihrem Wege pulverige antimonige Säure zurücklassen. Das meiste Antimon enthält Spuren von Arsen, daher der Knoblauchgeruch, den man fast immer beim Schmelzen desselben wahrnimmt. Die antimonige Säure ist in Wasser und Salpetersäure unlöslich, dagegen in starker Salzsäure löslich. Als Hydrat (SbO_3, HO) verhält sie sich gegen starke Basen wie eine schwache Säure, gegen starke Säuren wie eine schwache Basis.

Antimonsäure (SbO_5).

520. *Versuch.* Man erhitze etwas Antimonpulver mit ganz starker Salpetersäure: es tritt ein ähnlicher Fall ein, wie beim Zinn, das Metall wird nämlich zu einem weissen Pulver zerfressen, welches aus Antimonsäure-Hydrat, der höchsten Oxydationsstufe des Antimons, besteht. Wendet man schwächere Salpetersäure an, so besteht das Pulver aus einem Gemenge beider Oxydationsstufen, aus Antimonsäure und antimoniger Säure. Ein wasserreicheres Hydrat erhält man beim Vermischen von Antimonchlorid mit Wasser durch Zerfallen desselben in Antimonsäure und Salzsäure. Die Hydrate sind weisse, in Wasser und Säuren unlösliche Pulver; durch Erhitzen geben sie das Wasser ab und werden zu Antimonsäure-Anhydrid, welches eine blassgelbe Farbe besitzt und beim Glühen Sauerstoff abgiebt und sich in eine weisse Verbindung von Antimonsäure und antimoniger Säure umwandelt. Antimonsäure ist eine sehr schwache Säure.

Antimonsaures Kali (KO, SbO_5). Wirft man ein Gemenge von 1 Thl. Antimon und 4 Thln. Salpeter in einen glühenden Schmelztiegel, so entsteht eine Verpuffung und im Rückstande befindet sich antimonsaures Kali, welches sich bei längerem Kochen in Wasser auflöst und als ein Reagens auf Natronsalze benutzt wird, da die Antimonsäure mit dem Natron zu einem sehr schwerlöslichen Salze zusammentritt.

Die Antimonsäure kann, wie die Phosphorsäure (226), in verschiedenen Modificationen, als Meta- und Pyro-Antimonsäure, auftreten.

Antimon und Chlor.

521. Den Sauerstoffverbindungen entsprechend giebt es zwei ähnlich zusammengesetzte Chlorstufen des Antimons. Die höchste, Antimonchlorid ($SbCl_5$), bildet sich direct beim Erhitzen von Antimon mit trocknem Chlorgas (174).

Antimonchlorür ($SbCl_3$). *Versuch.* 20 Grm. graues Schwefelantimon werden in einem geräumigen Kochfläschchen mit 80 Grm. Salzsäure übergossen und in einem Sandbade, anfangs sehr mässig, später aber bis zum Kochen erhitzt; das in reichlicher Menge entweichende Schwefelwasserstoffgas wird in Kalkmilch (337) geleitet, von der es vollständig verschluckt wird. Aus Schwefelantimon und Chlorwasserstoff bilden sich Schwefelwasserstoff und Antimonchlorür, sonst salzsaures Antimonoxyd genannt. Nach mehrtägiger Ruhe giesst man die geklärte Flüssigkeit ab; sie hält das Antimonchlorür aufgelöst. Destillirt man die Flüssigkeit, so geht erst Wasser und freie Salzsäure, zuletzt wasserfreies Antimonchlorür über, welches zu einer weichen, weissen, krystallinischen Masse erstarrt. An der Luft zerfliesst dieselbe durch Anziehen von Wasser zu einer rauchenden, öligen, höchst ätzenden Flüssigkeit, die man sonst Spiessglanzbutter nannte.

Bruniren. *Versuch.* Von der Antimonchlorür-Lösung reibe man einige Tropfen anhaltend auf einem Eisenbleche ein: dasselbe erlangt eine braune, bronzeartige Farbe, weil sich eine dünne, sehr festhaftende Rinde von Eisenoxyd und Antimon erzeugt. Man schützt auf diese Weise Eisenwaaren, insbesondere die Flintenläufe, gegen schnelleres Rosten.

Calciumsulfhydrat. Die als Nebenproduct bei dem ersten Versuche gewonnene Flüssigkeit, die man durch Filtration der Kalkmilch erhält, ist als Kalkhydrat (CaO, HO) anzusehen, worin aller Sauerstoff durch Schwefel vertreten ist (CaS, HS). Daher die obige Benennung. Sie hat die Eigenschaft, die Haare in der Haut so locker zu machen, dass man sie leicht ausrupfen kann, wie man finden wird, wenn man ein Stückchen Kalbfell kurze Zeit darin weichen lässt. Man kann sie deshalb als Enthaarungsmittel in den Gerbereien benutzen.

Zersetzung durch Wasser. *Versuch.* Von der Antimonchlorürlösung vermische man 1 Thl. mit der 10fachen Menge heissen Wassers: es entsteht, ähnlich wie bei der Wismuthlösung, eine Zersetzung und Trübung; der Niederschlag ist antimonige Säure mit etwas Antimonchlorür (Algarothpulver). Man wässert denselben durch Absetzen, Abgiessen des Flüssigen und Wiederaufgiessen von Wasser einigemal aus und digerirt ihn dann noch 1 Stunde mit einer warmen Sodalösung, welche das Chlorür vollends auszieht. Der nochmals ausgewaschene Niederschlag giebt getrocknet ein weisses Pulver von antimoniger Säure; man erhält also hier auf nassem Wege dasselbe Präparat, wie durch Glühen des Antimonmetalls (519).

Antimon- oder Brechweinstein.

522. *Versuch.* Man bringe in einer Porcellanschale 100 C.C. destillirtes Wasser zum Kochen und rühre während des Siedens ein Gemisch von 5 Grm. antimoniger Säure und 6 Grm. gestossenem Weinstein (*Cremor tartari*) darunter. Wenn die Flüssigkeit reichlich bis zur Hälfte eingekocht ist, wird sie kochend filtrirt und die Hälfte davon in 50 C. C. starken Weingeist gegossen, die andere Hälfte aber ruhig hingestellt. In beiden Fällen erhält man ein weisses Salz, Brechweinstein; in dem letzteren Falle in Gestalt von durchsichtigen, farblosen Krystallen, die mit der Zeit trübe und weiss werden, in dem ersteren aber in der Form eines zarten, weissen Pulvers, weil der Brechweinstein in Weingeist unlöslich ist und durch denselben sonach aus seiner Lösung niedergeschlagen wird. Der Vorgang ist aus der folgenden Nebeneinanderstellung zu ersehen:

Aus Weinstein $= \left.\begin{matrix} KO \\ HO \end{matrix}\right\}, \overline{T}$ wird Antimonweinstein $= \left.\begin{matrix} KO \\ Sb\,O_3 \end{matrix}\right\}, \overline{T}$

+ HO. An die Stelle des chemisch gebundenen Wassers im Weinstein tritt antimonige Säure. Der Name schon deutet auf die medicinische Benutzung dieses Doppelsalzes hin; es ist das gewöhnlichste Brechmittel. 1 Theil davon in 250 Thln. Malagawein gelöst, giebt den bekannten **Brechwein**. 1 Theil Brechweinstein braucht 15 Thle. kaltes Wasser zur Auflösung.

Dreifach-Schwefelantimon (SbS_3).

(Antimoniges Sulfid.)

523. Man unterscheidet von diesem dreierlei Modificationen:

a. **Krystallinisches, graues.** In dieser Verbindung finden wir das Antimon am häufigsten in der Natur; das natürliche Schwefelantimon (Grauspiessglanzerz) hat eine **grauschwarze** Farbe und bildet metallglänzende, rhombische Krystalle oder strahlige, krystallinische Massen. Das ausgeschmolzene (*Antimonium crudum*) hat auf dem Bruche das Ansehen, als sei es aus lauter kleinen, glänzenden Nadeln oder Spiessen zusammengefügt. Dieses Ansehens wegen erhielt es den Namen **Spiessglanz** oder Schwefelspiessglanz. Es ist schon in der Flamme eines Lichtes schmelzbar und kann daher aus den Steinarten, mit denen es gemengt vorkommt, durch blosses Aussaigern gewonnen werden. In der Rösthitze verwandelt es sich in schweflige Säure und antimonige Säure; unvollkommen geröstet, lässt es sich zu einem braunen Glase (Spiessglanzglas) zusammenschmelzen, das aus Schwefelantimon und antimoniger Säure besteht. Gestossen stellt es ein grauschwarzes, flimmerndes Pulver dar, welches von dem Landmanne als eins der bekanntesten Hausmittel bei Thierkrankheiten angewendet wird. Im gewöhnlichen Verkehr nennt man dasselbe schlechtweg **Antimonium**, versteht aber darunter **Schwefelantimonium**.

b. **Amorphes, orangefarbenes.** *Versuch.* Zu einer Lösung von Brechweinstein oder Antimonchlorür in Wasser giesse man Schwefelwasserstoffwasser: man erhält einen **pomeranzenfarbenen Niederschlag** von Schwefelantimon, der beim Trocknen dunkler, bei stärkerem Erhitzen schwarz und krystallinisch wird. Hierdurch lassen sich die Antimonverbindungen sehr gut erkennen, da kein anderes Metall ein Schwefelmetall von rothgelber Farbe liefert.

c. Amorphes, rothbraunes. *Versuch.* Man koche ein wenig gepulvertes graues Schwefelantimon mit Kalilauge, lasse absetzen und tröpfle zu der abgegossenen Flüssigkeit eine Säure: man erhält einen rothbraunen Niederschlag, der ebenfalls Schwefelantimon ist, welches sich durch das Kali gelöst hatte. Dieses Schwefelantimon, welches in den Apotheken den Namen mineralischer Kermes führt, enthält noch antimonige Säure und Kali und ist feiner zertheilt, als das schwarze, wodurch es die braune Farbe erhält; noch grösser ist die Zertheilung bei dem orangefarbenen, welches bei dem vorigen Versuche aus dem Brechweinstein dargestellt wurde.

Die hier erwähnten drei Verbindungen, das orangerothe, braunrothe und schwarze Schwefelantimon, haben eine ganz gleiche Zusammensetzung; sie sind ein und derselbe Körper, nur in verschiedenen isomerischen Zuständen.

Fünffach-Schwefelantimon (SbS_5).

(Antimonsulfid).

524. Schlippe'sches Salz. *Versuch.* In eine Flasche bringe man 10 Grm. Aetznatron, 5 Grm. Schwefelblumen und 100 C. C. Wasser, verstöpsle sie und lasse sie, unter öfterem Umschütteln, einige Tage an einem warmen Orte stehen: die gelbe Lösung enthält NaS, welches sich wie eine Basis verhält, NaO, S_2O_2 und Schwefel. Schüttet man nun 15 Grm. feingepulvertes graues Schwefelantimon hinzu und stellt die Mischung abermals einige Tage unter häufigem Durchschütteln an einen warmen Ort, so erzeugt sich zunächst aus SbS_3 durch Aufnahme von 2 Aeq. Schwefel SbS_5 oder Fünffach-Schwefelantimon, welches sich wie eine Säure verhält; weiterhin aber tritt dieses mit dem Schwefelnatrium zu einer Verbindung zusammen, welche leicht in blassgelben, tetraëdrischen Krystallen erhalten wird, wenn man die von dem Bodensatze abfiltrirte Flüssigkeit bis nahe zur Hälfte eindampft und langsam erkalten lässt. Die Krystalle sind unter dem Namen Natrium-Sulfantimoniat oder Schlippe'sches Salz bekannt, ihre Zusammensetzung ist $3NaS, SbS_5 + 18HO$.

Goldschwefel. Aus dem Schlippe'schen Salze bereitet man das in der Pharmacie unter dem Namen Goldschwefel vorkommende amorphe Fünffach-Schwefelantimon dadurch, dass man

es in 5 bis 6 Thln. Wasser löst und die Lösung in Schwefelsäure giesst, welche man vorher mit etwa 30 Thln. Wasser verdünnt hat. Aus 3 NaS und 3 HO werden dabei 3 NaO, SO_3 und 3 HS, während sich das dunkel orangefarbene SbS_5 ausscheidet. Man hat diese Operation an einem luftigen Orte vorzunehmen, damit das freiwerdende Schwefelwasserstoffgas weggeweht werde.

Schwefelsalze oder Sulfosalze.

525. Das im vorigen Versuche dargestellte Natrium-Sulfantimoniat mag noch dazu dienen, um nachzuweisen, dass gewisse Schwefelverbindungen sich wie Basen, Sulfobasen, andere wie Säuren, Sulfosäuren, verhalten, und dass beide sich mit einander zu Salzen, Sulfosalzen, vereinigen. Man kann die letzteren als Sauerstoffsalze ansehen, in denen der Schwefel, sowohl in der Basis als auch in der Säure, die Stelle des Sauerstoffs vertritt.

NaO, SbO_5 = Sauerstoffsalz (antimonsaures Natron)

3 Na S, Sb S_5 = Schwefelsalz (Natrium-Sulfantimoniat).

Wie die elektropositiven Metalle mit Sauerstoff Sauerstoffbasen geben, so geben sie mit Schwefel Sulfobasen, als da sind: KS, NaS, NH_4S, FeS, Fe_2S_3 u. a. Sulfurete. Ebenso verhalten sich viele Verbindungen der elektronegativen Metalle und der Metalloïde mit Schwefel, den Sauerstoffsäuren entsprechend, wie Sulfosäuren, als: HS, SC_2, AsS_5, SbS_5 u. a. Sulfide etc. Von den als Mineralien vorkommenden zusammengesetzten Schwefelmetallen sind viele als unlösliche Sulfosalze anzusehen.

Arsen, Arsenicum (As).

(Aeq.-Gew. = 75. — Specif. Gew. = 5,8.)

— In einigen seiner Verbindungen schon seit den ältesten Zeiten bekannt. —

526. Giftig wie Arsenik ist ein sprichwörtlicher Ausdruck geworden; er zeigt, dass von dieser Seite das Arsen und seine Verbindungen bereits bekannt und berüchtigt genug sind. In der That steht es auch unter den Metallgiften oben an und wirkt schon in den kleinsten Quantitäten tödtlich, wenn nicht schnell Gegenmittel angewendet werden. Glücklicher Weise hat

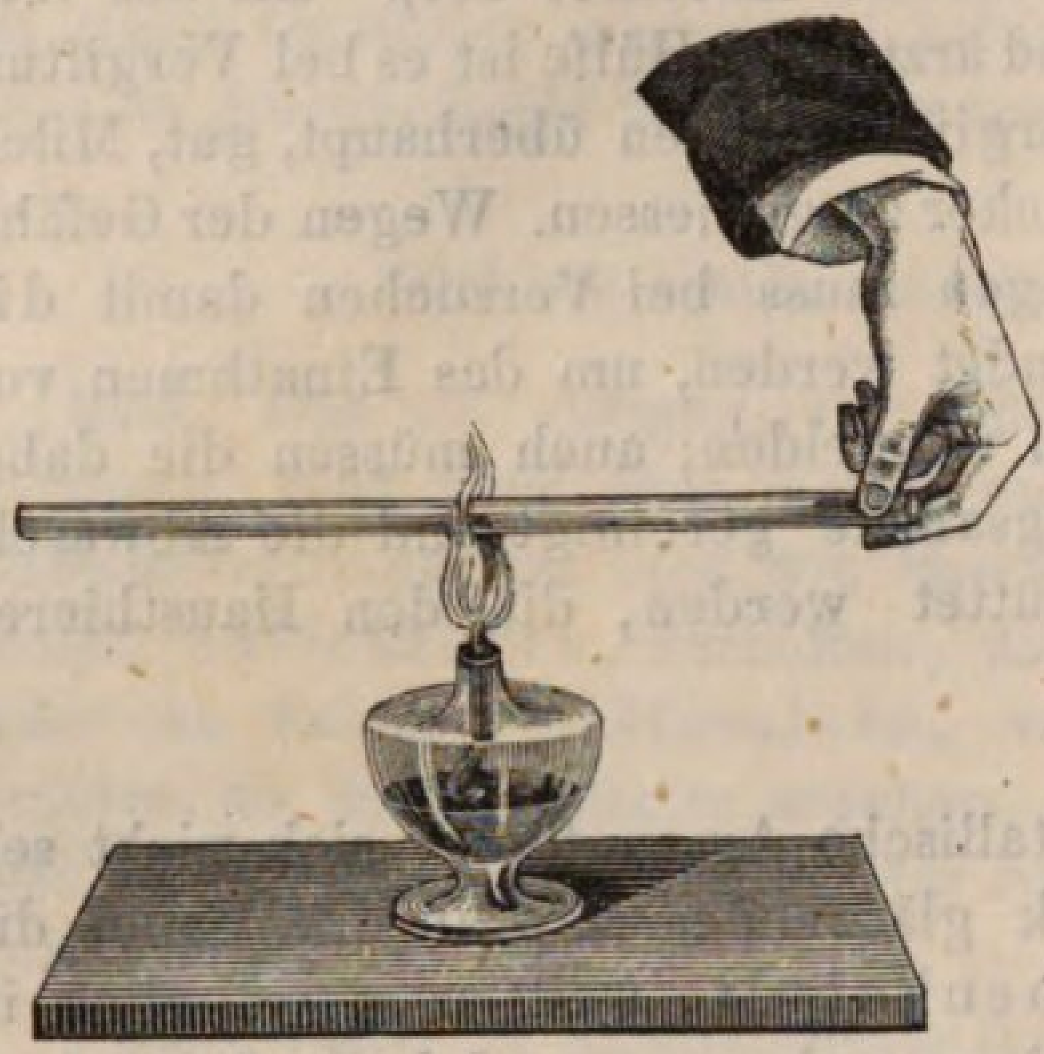
man in der neueren Zeit in dem Eisenoxydhydrat ein Mittel entdeckt, durch welches die meisten Arsenverbindungen in dem Magen selbst unlöslich und damit für einige Zeit unschädlich gemacht werden können (*Antidotum Arsenici* 401). Bis zur Herbeischaffung dieses Mittels und ärztlicher Hülfe ist es bei Vergiftungen durch Arsen, wie bei Vergiftungsfällen überhaupt, gut, Milch, Eiweiss, Seifenwasser oder Zucker zu geniessen. Wegen der Gefährlichkeit der Arsenverbindungen muss bei Versuchen damit die höchste Vorsicht angewendet werden, um das Einathmen von deren Staub oder Dampf zu vermeiden; auch müssen die dabei gebrauchten Gefässe aufs Sorgsamste gereinigt und die Abwaschflüssigkeiten an Orte geschüttet werden, die den Hausthieren nicht zugänglich sind.

Arsenmetall. Das metallische Arsen findet sich nicht selten als ein bleigraues, stark glänzendes Erz in der Erde; die Bergleute nennen es Scherbenkobalt, weil es gewöhnlich in flachen, scherbenartigen Stücken vorkommt und beim Schmelzen verfliegt. In den Apotheken wird meistens das künstlich bereitete Arsenmetall, welches blättrige, glänzende, spröde Krusten darstellt, die aber an der Luft bald bunt anlaufen und endlich zu grauen, glanzlosen Stücken zerbröckeln, unter dem Namen Fliegenstein vorräthig gehalten. Wird dieses mit Wasser gekocht, so löst sich die Haut von oxydirtem Arsenik (arseniger Säure) auf, und man erhält eine sehr giftige Flüssigkeit (Fliegenwasser). Auf dem übrigbleibenden Metalle erzeugt sich von Neuem eine Oxydschicht und es erklärt sich hieraus leicht, warum man nach einiger Zeit mit demselben wieder neues Giftwasser kochen kann, ohne dass man eine merkliche Abnahme des Fliegensteins verspürt.

Versuch. Man bringe ein Stückchen Arsenmetall von der Grösse eines Hirsekornes in eine Glasröhre, halte diese an dem einen Ende zu und erwärme sie: das Arsen verdampft schon bei 180°C., ohne erst zu schmelzen, und setzt sich an dem oberen Theile der Röhre als ein glänzender, schwarzer Spiegel an; dabei entwickelt sich zugleich ein knoblauchähnlicher, widerwärtiger Geruch, der dem Arsendampfe eigenthümlich ist. Diese beiden Kennzeichen werden als ein Paar sehr genaue

Proben benutzt, um das Arsen in anderen Körpern zu entdecken. Phosphor, wenn er an der Luft liegt, riecht ebenfalls knoblauchartig. Deutet dies schon auf eine Aehnlichkeit dieser beiden Stoffe hin, so wird diese noch dadurch in auffälliger Weise erhöht, dass das Arsen auch in seinen Verbindungen mit anderen Körpern sich dem Phosphor sehr ähnlich verhält.

Fig. 159.



Darstellung. Aus dem angegebenen Verhalten des Arsens in der Hitze erhellt, dass bei seiner künstlichen Darstellung oder Reinigung der Sublimationsprocess angewendet werden muss. Man erhitzt zu dem Ende das rohe Arsenmetall, oder das am häufigsten vorkommende, aus Arseneisen und Schwefeleisen bestehende Erz, Arsenikkies, oder arsenige Säure (AsO_3) und Kohle, ohne dass Luft hinzutreten kann, und verdichtet die erzeugten Arsendämpfe durch Abkühlung in geschlossenen Gefässen.

Arsenige Säure oder weisser Arsenik (AsO_3).

527. *Versuch.* Der bei dem vorigen Versuche erhaltene Arsenspiegel wird noch einmal, aber bei offener Röhre, gelinde erhitzt: er verwandelt sich in einen farblosen Dampf, der sich dem kälteren Theile der Röhre theils in kleinen durchsichtigen Krystallen, theils als weisses Pulver ablagert und durch gelindes Erhitzen von einer Stelle zur andern getrieben werden kann. Mit der Loupe betrachtet erscheinen diese Krystalle als kleine, vierseitige Doppelpyramiden (Octaëder); ihre Bestandtheile sind: Arsen und Sauerstoff, ihre Namen: arsenige Säure, weisser Arsenik oder Rattengift. Der Dampf derselben ist ohne Geruch. Wenn im gewöhnlichen Leben die Rede von Arsenik ist, so versteht man unter diesem Namen immer den

weissen Arsenik. In kaltem Wasser löst sich der weisse Arsenik schwer und sehr langsam auf, beim Kochen etwa in 12 Theilen; die Lösung reagirt schwach sauer und hat einen unangenehmen Geschmack.

Darstellung. Man gewinnt den weissen Arsenik im Grossen: a. als Nebenproduct beim Rösten der Zinn-, Silber- und Kobalterze, in denen immer kleinere oder grössere Mengen von Arsenverbindungen vorkommen; b. als Hauptproduct durch Rösten von Arsenikkies ($FeAs + FeS_2$), dessen drei Elemente sich hierbei mit dem Sauerstoff der Luft verbinden; das oxydirte Eisen bleibt zurück, Arsen und Schwefel werden als AsO_3 und SO_2 verflüchtigt. Die letzteren lässt man aus den Flammenöfen in weite Canäle (Giftfänge) treten und darin so lange hin und her ziehen, bis sich der Dampf der arsenigen Säure abgekühlt und als ein weisses Pulver (Giftmehl) abgesetzt hat. Die schweflige Säure entweicht am Ende des Giftfanges in die Luft.

Arsenglas. Sublimirt man das Giftmehl noch einmal in eisernen Kesseln mit aufgesetzten, trommelartigen, eisernen Verdichtungsapparaten, so kann man es dahin bringen, dass der in den letzteren verdichtete krystallinische Sublimat heiss genug wird, um zu einem durchsichtigen, schweren Glase zusammenzuschmelzen, welches auch einen Handelsartikel bildet. Diese glasartig-amorphe arsenige Säure ist leichter und schneller löslich, als die krystallisirte, und geht bei längerer Aufbewahrung (auch als Lösung) von Aussen nach Innen zu in eine undurchsichtige, milchglasähnliche, krystallinische Modification über (weisses Arsenglas), ohne dass ihre Zusammensetzung eine Aenderung erfährt. Ein abermaliges Beispiel, dass auch in festen Körpern die Molecüle ihre Lage verändern können (393).

Benutzung der arsenigen Säure.

528. Als Vergiftungsmittel wird der weisse Arsenik zum Tödten der Ratten, Mäuse und anderer unbequemer Haus- und Feldthiere angewendet; hierzu darf nur gefärbter verkauft werden, da der ungefärbte dem Zucker und Mehl zu ähnlich sieht und leicht damit verwechselt werden kann. Am besten ist es, um Verschleppungen des Giftes zu verhindern, gebratene Speckhaut oder gekochte Fische auf Brettchen zu nageln und mit

Arsenikpulver zu bestreuen. Setzt man das Gift in Viehställen auf, so müssen die Futtertröge sorgfältig zugedeckt werden, damit die vergifteten Ratten das Gift nicht in dieselben ausbrechen können. Empfehlenswerther sind Phosphorlatwerge und Phosphorpillen.

Die arsenige Säure wirkt fäulnisswidrig, wie das Quecksilberchlorid; aus diesem Grunde reibt man die zum Ausstopfen bestimmten Thierhäute auf ihrer Fleischseite damit ein. Leichname von durch Arsenik getödteten Personen erfahren eine so langsame Zersetzung, dass man sie noch nach Jahren ausgraben und den Arsengehalt in ihnen nachweisen konnte.

In der Glühhitze kann die arsenige Säure oxydirend auf andere Körper wirken; so wird sie von den Glasmachern in das schmelzende Glas geworfen, um dessen dunkle Farbe hell zu machen. Sie wirkt hierbei wie der Braunstein (412), sie giebt ihren Sauerstoff an die Kohle und das Eisenoxydul des Glases ab und verwandelt erstere in entweichendes Kohlenoxydgas, letzteres in hellfarbiges Eisenoxyd. Von den Hutmachern wird eine Lösung von weissem Arsenik und Quecksilber in Salpetersäure als „Beize“ angewendet, um den Hasenharen ihren glatten, das Zusammenfilzen verhindernden Ueberzug zu entziehen.

Arsenigsaure Salze.

529. Die arsenige Säure verhält sich nur als eine schwache Säure; ihre Salze werden beim Erhitzen zerlegt; auf glühende Kohle gestreut, verbreiten sie den knoblauchähnlichen Geruch des Arsendampfes. Allgemeiner bekannt sind nur die folgenden.

Arsenigsaures Kali. *Versuch.* Werden 1 Grm. arseniger Säure und 2 Grm. Pottasche mit 25 C.C. Wasser übergossen und erwärmt, so löst sich der weisse Arsenik sehr leicht auf und man erhält eine alkalische Lösung von arsenigsaurem Kali. Eine höchst verdünnte Lösung davon findet unter dem Namen „*Solutio Fowleri*“ in der Heilkunde Anwendung.

Arsenigsaures Kupferoxyd. *Versuch.* Die Hälfte dieser Flüssigkeit versetze man nach und nach mit einer Lösung von 1,5 Grm. Kupfervitriol in 25 C.C. heissem Wasser: es wird ein gelbgrüner Niederschlag entstehen, der beim Trocknen in Dunkelgrün übergeht. Dieses arsenigsaure Kupferoxyd

kommt unter dem Namen Scheel'sches Grün oder Mineralgrün im Handel vor.

Arsenig-essigsaures Kupferoxyd. *Versuch.* Die andere Hälfte der Lösung von arsenigsaurem Kali wird in einem Kochfläschchen ebenfalls mit einer Auflösung von 1,5 Grm. Kupfervitriol in 25 C.C. Wasser, ausserdem aber noch so lange, als ein Brausen erfolgt, mit Essigsäure (concentrirtem Essig) versetzt, mit dem entstandenen Niederschlage 5 Minuten lang gekocht und dann in eine Schüssel mit heissem Wasser gestellt, so dass sie sehr langsam erkaltet. Man erhält auf diese Weise nach 24stündiger Ruhe eine Doppelverbindung von arsenigsaurem und essigsaurem Kupferoxyd, die ihres herrlichen Grüns wegen leider eine ganz allgemeine Verbreitung als Malerfarbe gefunden hat. Von den unzähligen Namen derselben sind: Schweinfurter-, Englisch-, Mitis-, Patent-, Neuwieder- und Wiener-Grün die bekanntesten. Diese Farbe wirkt fast ebenso giftig als der weisse Arsenik, es kann daher nicht ernstlich genug zur Vorsicht bei Benutzung derselben vermahnt werden; sie kann selbst als Anstrich und Tapete in Stuben, zumal Schlafstuben, gefährlich werden, da sie nicht bloss durch Abstäuben, sondern auch, namentlich in feuchter Lage, durch Erzeugung flüchtiger Arsenverbindungen die Zimmerluft zu vergiften vermag. Mit Giftgrün gefärbte oder bemalte Papiere, Kleiderstoffe, Spielwaaren, Pfefferkuchen u. a. haben ausserdem schon oft Anlass zu Vergiftungsfällen gegeben. Andere arsenhaltige Farben sind: Rauschgelb (531), das aus Rothholz dargestellte sogenannte Cochenilleroth und gewisse Anilinfarben.

Arsensäure (AsO_5).

530. Wird arsenige Säure mit Salpetersäure gekocht, so nimmt sie von letzterer noch 2 Aeq. Sauerstoff auf und wird zu Arsensäure, welche leicht löslich in Wasser und weniger giftig ist als die arsenige Säure. Diese zwei Aequivalente Sauerstoff giebt sie leicht wieder an andere Körper ab, man braucht sie daher als gelindes Oxydationsmittel, so namentlich zur Oxydation des Anilins, um daraus die herrlichen Anilinfarben darzustellen. Schweflige Säure wird durch sie zu Schwefelsäure, sie selbst aber zu arseniger Säure; dieses Verhalten wird in der analytischen Chemie benutzt, um die Arseniksäure zu arseniger Säure zu reduciren.

Mit Kali verbunden erhält man die Arsensäure, wenn man arsenige Säure und Salpeter bis zum Schmelzen erhitzt. Das so dargestellte arseniksaure Kali, welches in schönen vierseiti- Säulen krystallisirt, wurde bisher in grossen Mengen in den Kattundruckereien verbraucht, nicht sowohl, um Farben damit zu erzeugen, als vielmehr, um, mit Thonbrei gemengt, die Entstehung von Farben (das Einfärben) an gewissen Stellen zu verhindern (Reservage oder Schutzpapp).

Arsen und Schwefel.

531. Mit Schwefel liefert Arsen die folgenden drei Verbindungen:

Zweifach-Schwefelarsen oder unterarseniges Sulfid (AsS_2). Das in der Natur in rubinrothen, durchsichtigen oder durchscheinenden Krystallen vorkommende Mineral führt die Namen Realgar oder rothes Schwefelarsen. Das in den Arsenikhütten durch Destillation von Arsenikkies und Schwefelkies dargestellte braunrothe, amorphe rothe Arsenikglas ist ein Gemenge von Zweifach- und Dreifach-Schwefelarsen und arseniger Säure. Feuerwerkssätzen ertheilt dasselbe eine blendend weisse Farbe (indianisches Weissfeuer).

Dreifach-Schwefelarsen oder arseniges Sulfid (AsS_3). *Versuch.* Man löse etwas arsenige Säure in Wasser und einigen Tropfen Salzsäure durch Kochen auf und giesse zu der Lösung Schwefelwasserstoffwasser: es entsteht eine Fällung von citrongelbem Schwefelarsen, indem an die Stelle der 3 Aeq. Sauerstoff 3 Aeq. Schwefel treten. Auf diese Weise lässt sich das Arsen sehr gut in Flüssigkeiten entdecken und daraus abscheiden, denn ausser dem Arsen geben nur noch die Cadmium- und Zinnoxydsalze gelbe Niederschläge mit Schwefelwasserstoffwasser. Durch Schwefelammonium wird das Schwefelarsen wieder aufgelöst.

Rauschgelb. Dieselbe Schwefelverbindung kommt auch natürlich vor und bildet dann gelbe, goldähnlich glänzende, blättrige Massen, weshalb sie auch die Namen Operment oder Auripigmentum (Goldfarbe) erhielt. Man benutzte sie, feingemahlen, sonst als Anstrichfarbe (Königsgelb); es ist aber auch vor dieser Farbe allen Ernstes zu warnen, da sie an sich giftig ist und auch die Luft zu vergiften vermag. Das in den Arsenik-

werken durch Sublimation von weissem Arsenik und Schwefel künstlich erzeugte gelbe Arsenikglas hat das Ansehen von gelbem Wachs oder Porcellan und besteht zum grössten Theile aus arseniger Säure mit etwas beigemengtem Schwefelarsen.

Das der Arsensäure entsprechende Fünffach-Schwefelarsen oder Arsensulfid (AsS_5) ist gelb und dem Dreifach-Schwefelarsen ähnlich.

Reduction der Arsenverbindungen (Arsenikproben).

532. *Versuch.* Man ziehe eine Glasröhre in eine Spitze aus, lege in dieselbe ein Körnchen arseniger Säure und darüber einen Splitter von Holzkohle, und erhitze dann die Röhre so in einer Weingeistflamme, dass die Stelle, wo die Kohle liegt, zuerst, die Spitze der Röhre aber zuletzt ins Glühen kommt; das Glas wird sich inwendig über der Kohle mit einem schwarzen Metallspiegel überziehen, weil den Dämpfen der arsenigen Säure, während sie über die glühende Kohle streichen, ihr Sauerstoff entzogen wird. Dies ist eine der sichersten Methoden, um kleine Quantitäten von arseniger Säure oder Arsensäure zu entdecken.

Fig. 160.



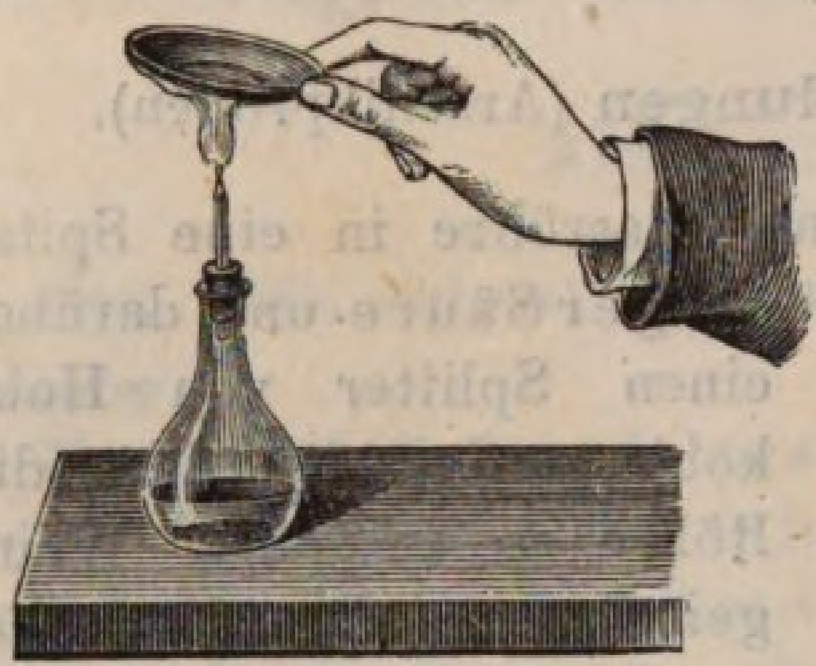
Auch Schwefelarsen und Arsensalze lassen sich auf diesem Wege zu spiegelndem Metall reduciren, nur muss man in solchem Falle statt der Kohle Soda und Cyankalium (und eine nicht ausgezogene Glasröhre) anwenden, um den Schwefel etc. von dem Arsen zu trennen und zu binden. Ein sehr kräftiges Reductionsmittel ist auch der Wasserstoff, wie der folgende Versuch lehrt.

Arsenwasserstoff (AsH_3).

533. *Versuch.* Man werfe in ein kleines Kochfläschchen einige Stückchen Zink und entwickle daraus durch verdünnte

Schwefelsäure Wasserstoffgas, das man durch eine ausgezogene Glasröhre entweichen lässt und nach einiger Zeit anzündet (87); man erhält auf diese Weise eine Wasserstofflampe. Hält man ein glasirtes Porcellanschälchen einige Augenblicke in die Flamme, so bemerkt man daran nur einen Ring von kleinen Wassertröpfchen, die sich beim Verbrennen des Wasserstoffs bilden und an dem kalten Porcellan verdichten. Taucht man nun ein Hölzchen in Schweinfurter Grün, so dass nur einige Stäubchen dieser Farbe daran hängen bleiben, und wirft es in das Gläschen, so wird die Flamme nach dem Wiederanzünden des Glases bläulichweiss aussehen und an hineingehaltenes Porcellan schwarze oder braune Spiegel absetzen; diese Spiegel sind metallisches Arsen.

Fig. 161.



Wie Schwefel und Phosphor, so kann auch das Arsen sich mit dem Wasserstoff zu einer Gasart verbinden, die mit dem freien Wasserstoff gemeinschaftlich entweicht und verbrennt. Durch einen kalten Körper wird die Flamme bis unter die Temperatur abgekühlt, die das Arsen zum Verbrennen braucht; das letztere verdichtet sich daher an dem Porcellan, gerade so, wie sich Kohlenstoff oder Russ an demselben ablagert, wenn wir es in eine Kerzenflamme halten. Der Kohlenstoff scheidet sich als ein staubähnliches Pulver, das Arsen als ein zusammenhängender Spiegel ab. Man nennt diese unglaublich empfindliche Prüfungsmethode nach ihrem Erfinder die Marsh'sche Arsenikprobe. Dass man sich dabei vor dem Einathmen des entweichenden Gases (insbesondere des unverbrannten) zu hüten habe, folgt schon aus dem früher Bemerkten; hier ist aber doppelte Vorsicht nothwendig, da das Arsenwasserstoffgas die giftigste Luftart ist, welcher schon einige Chemiker zum Opfer fielen.

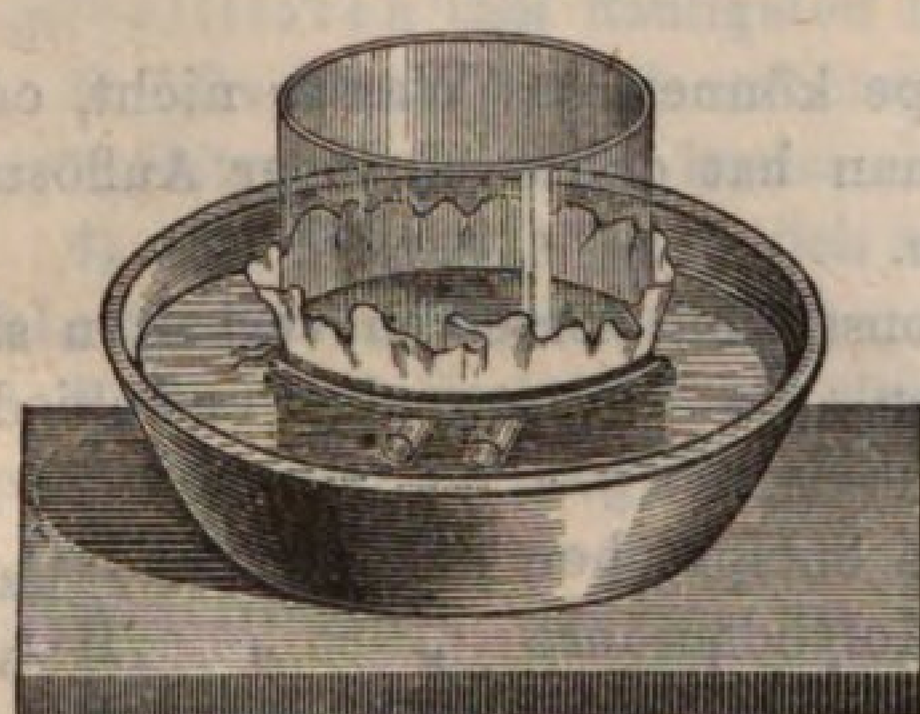
534. Antimonwasserstoff (SbH_3). *Versuch.* Man wiederhole denselben Versuch, nur mit der Abänderung, dass man statt des Schweinfurter Grüns Brechweinstein anwendet; auch hier erhält man schwarze Flecken auf Porcellan, die aber dunkler sind und oft ein russiges Ansehen haben; sie bestehen aus metallischem

Antimon. Um die Antimonflecken sicherer von den Arsenflecken zu unterscheiden, tröpfle man etwas Chlorkalklösung auf dieselben: die Antimonspiegel bleiben unverändert, die Arsenspiegel dagegen lösen sich augenblicklich auf.

Arsenscheidung durch Dialyse.

535. *Versuch.* Von einem etwas weiten Einmacheglase sprenge man auf die in Nro. 27 angegebene Weise die Bodenhälfte ab und überbinde die ursprüngliche Oeffnung der oberen Hälfte mit Pergamentpapier, welches man vorher auf beiden Seiten mit Wasser angefeuchtet und mit einem Tuche wieder abgewischt hat. Der vorstehende Papierrand wird mit einem Faden Zwirn am Glase in die Höhe gebunden. Nun koche man aus Brot und Wasser eine dünne Suppe, setze dieser eine ganz kleine Menge von in heissem Wasser gelöstem weissen Arsenik zu, schütte diese in das Gefäss, dessen Boden das Pergamentpapier bildet, und stelle das Gefäss auf zwei dünne Probirgläschen, die sich in einer Schüssel befinden. In die letztere wird so viel destillirtes Wasser gegossen, bis dasselbe die Höhe der Suppenflüssigkeit erreicht hat. Nach 24 Stunden versetze man einen Theil des destillirten Wassers mit einigen Tropfen Höllensteinlösung, dann mit einem Tropfen Salmiakgeist: es entsteht eine hellgelbe Trübung von arsenigsaurem Silberoxyd. Eine andere Portion vermische man mit Schwefelwasserstoffwasser und erwärme sie gelind: es bildet sich nach einiger Zeit ein citrongelber Niederschlag von Schwefelarsen. Am unzweideutigsten lässt sich endlich das Arsen mit Hülfe der Marsh'schen Probe nachweisen. Von den löslichen Brotbestandtheilen ist nichts durch das Pergamentpapier mit durchgegangen oder diffundirt. (Vergl. Endosmose und Exosmose).

Fig. 162.



Dialyse. Wie der weisse Arsenik, so verhalten sich die meisten krystallisirbaren Verbindungen (Krystalloïde), z. B. Kochsalz und andere Salze, Zucker, Pflanzenbasen u. a., sie diffundiren durch Pergamentpapier, wie durch natürliche thierische und pflanzliche Membranen, wogegen die amorphen und in ihrer Lösung schleimigen Substanzen (Colloïde), z. B. Eiweiss, Leim, Gummi, Stärkekleister etc., keine Diffusionsfähigkeit zeigen. Man kann also die Krystalloïde und Colloïde auf die angegebene Weise von einander trennen und benutzt dieses Verfahren zur Scheidung von Pflanzen- und Metallgiften aus Speisen, Mageninhalt u. a. Dieses Trennungsverfahren hat den Namen **Dialyse**, und der hierzu dienende Apparat den Namen **Dialysator** erhalten.

Rückblick auf die Metalle der Chromgruppe.

(Zinn, Wismuth, Chrom, Antimon, Arsen etc.)

1) Die Metalle dieser Gruppe können das Wasser nicht, oder doch nur schwierig zerlegen, man hat daher zu ihrer Auflösung concentrirte Säuren anzuwenden.

2) Die niedrigeren Oxydationsstufen derselben verhalten sich bald wie Basen, bald wie Säuren, die höheren aber entschieden **nur wie Säuren**.

3) Zinnsäure und Titansäure entsprechen der Formel RO_2;
Chrom-, Wolfram- und Molybdänsäure „ „ RO_3;
Antimonige und arsenige Säure „ „ RO_3;
Antimon-, Arsen- und Wismuthsäure „ „ RO_5.

4) Die Metalle dieser Gruppe, mit Ausnahme des Chroms, werden aus ihren Auflösungen durch Schwefelwasserstoffwasser als Schwefelmetalle niedergeschlagen. Die in Arsen-, Antimon- und Zinnoxydlösungen erzeugten Niederschläge werden durch Schwefelammonium wieder aufgelöst.

5) Schwefelantimon und Schwefelarsen sind Sulfosäuren oder Sulfide, sie verbinden sich mit Sulfobasen oder Sulfureten, z. B. Schwefelkalium, Schwefelnatrium, ähnlich wie Sauerstoffsäuren mit Sauerstoffbasen, zu Salzen, die Schwefelsalze oder Sulfosalze genannt werden.

6) Antimon und Arsen sind die einzigen Metalle, welche sich, ähnlich den Metalloïden, mit Wasserstoff zu gasförmigen Ver-

bindungen vereinigen. Deshalb, und weil sie in ihrem chemischen Verhalten mannigfache weitere Aehnlichkeit mit Stickstoff und Phosphor haben, können sie auch den Metalloïden zugezählt werden.

7) Manche chemische Verbindungen werden schon durch Vermischung mit einer grösseren Menge von Wasser zerlegt.

Rückblick auf die gesammten Metalle.

Metalle.

1) Alle Metalle haben einen eigenthümlichen starken Glanz, sind undurchsichtig und die besten Leiter für Wärme und Elektricität.

2) Die meisten Metalle können bei langsamer Abkühlung krystallisiren (am häufigsten in Würfeln).

3) Alle Metalle sind schmelzbar, aber bei sehr verschiedenen Hitzgraden; viele lassen sich auch verdampfen.

4) Alle Metalle können sich mit Sauerstoff, Schwefel und Chlor verbinden, mehrere auch mit Kohlenstoff und Stickstoff.

5) Ebenso vereinigen sie sich unter einander, wenn man sie zusammenschmilzt (Legirungen).

Metalloxyde.

6) Die meisten Metalle bilden mit Sauerstoff basische Oxyde. Fast alle Metalloxyde sind in Wasser unlöslich.

7) Von manchen Metallen kennt man nur eine Oxydationsstufe, die meisten aber haben zwei, einige sogar drei, vier, ja fünf Oxydationsstufen. Die höchsten davon verhalten sich wie Säuren.

8) Metalloxyde lassen sich aus den Metallen darstellen:

a) Durch Auslegen in feuchte Luft.
b) Durch Erhitzen bei Luftzutritt.
c) Durch Wasserzersetzung bei gewöhnlicher Temperatur.
d) Durch Wasserzersetzung in der Glühhitze.
e) Durch Wasserzersetzung mit Hülfe einer Säure und Fällung mit einer starken Basis.

f) Durch Behandlung mit concentrirten Säuren und Fällung mit einer starken Basis.

g) Durch Erhitzen mit Salpeter oder chlorsaurem Kali.

9) Die Metalloxyde lassen sich desoxydiren oder zu Metall reduciren:

a) Durch blosses Erhitzen (edle Metalle).
b) Durch Erhitzen mit Kohle.
c) Durch Erhitzen in Wasserstoffgas.
d) Durch ein oxydirbareres (elektropositiveres) Metall.
e) Durch den galvanischen Strom.

Schwefelmetalle.

10) Die Schwefelmetalle der leichten Metalle sind in Wasser löslich, die der schweren Metalle dagegen unlöslich.

11) Ein Metall hat gewöhnlich ebenso viele Schwefelungsstufen als Oxydationsstufen.

12) Schwefelmetalle können erzeugt werden:

a) Unmittelbar durch Zusammenreiben oder Schmelzen von Schwefel und Metall, oder durch Erhitzen der Metalle in Schwefeldampf.
b) Durch Zusammenbringen eines Metalloxyds oder Metallsalzes mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium.
c. Durch Glühen von schwefelsauren Metallsalzen mit Kohle.

13) Der Schwefel kann den Schwefelmetallen entzogen werden:

a) Durch Erhitzen an der Luft (Rösten).
b) Durch ein elektropositiveres Metall.
c) Durch Erhitzen in Wasserdämpfen.
d) Durch Erhitzen mit starken Säuren.

14) Schwefelsalze sind Verbindungen von säureähnlichen Schwefelmetallen etc. mit basisähnlichen.

Chlormetalle.

15) Die meisten Chlormetalle sind krystallisirbar und im Wasser löslich. In der Regel verbindet sich ein Metall in ebenso vielen Verhältnissen mit Chlor, als es Oxydationsstufen hat.

16) Chlormetalle entstehen:

a) Beim Zusammenbringen der Metalle (oder Metalloxyde) mit Chlor.
b) Beim Auflösen von Metallen oder Oxyden in Salzsäure.
c) Beim Auflösen von Metallen etc. in Königswasser.
d) Durch doppelte Wahlverwandtschaft beim Vermischen von Chlormetallen mit Sauerstoffsalzen.

17) Das Chlor kann von den Metallen abgeschieden werden:

a) Durch blosses Erhitzen (nur von den edlen Metallen).
b) Durch Erhitzen in Wasserstoffgas.
c) Durch ein elektropositiveres Metall.
d) Durch eine stärkere Säure, z. B. Schwefelsäure.

Sauerstoffsalze.

18) Jede Säure bildet in der Regel mit jedem basischen Metalloxyd ein Salz, häufig mehrere (neutrale, saure, basische, 1-, 2- oder 3-basische Salze etc.).

19) Suboxyde müssen Sauerstoff aufnehmen, Superoxyde abgeben, ehe sie sich mit Säuren verbinden können.

20) Die meisten Salze sind krystallisirbar, bald mit, bald ohne Krystallwasser.

21) Gegen Wasser verhalten sich die Salze sehr verschieden, theils lösen sie sich leicht, theils schwer, theils gar nicht darin auf.

22) Salze können hervorgebracht werden:

a) Durch Auslegen der Metalle an die Luft.
b) Durch Auflösen derselben oder ihrer Oxyde in Säuren.
c) Durch Zerlegung der Schwefelmetalle mit Säuren; auch durch freiwillige Verwitterung der Schwefelmetalle.
d) Durch gegenseitige Zersetzung mittelst der prädisponirenden, einfachen oder doppelten Wahlverwandtschaft.

23) Manche Salze verlieren ihre Säure schon durch blosses Erhitzen, indem diese entweicht (Kohlensäure), oder verbrennt (organische Säuren).

24) Die Salze lassen sich auf gleiche Weise zu Metallen reduciren, wie die Oxyde. Soll dies durch Glühen mit Kohle erreicht werden, so hat man noch eine starke Basis (Soda, Kalk) beizufügen, welche dem Salze die Säure entzieht.

Vorkommen der Metalle.

25) Die Natur liefert uns die Metalle hauptsächlich in folgenden fünf Formen: 1) unverbunden oder gediegen, 2) mit Schwefel verbunden als Kiese, Glanze und Blenden, 3) mit Arsen als Arsenmetalle, 4) mit Sauerstoff als Oxyde, 5) mit Sauerstoff und zugleich mit Säuren verbunden als Salze.

Von den bekannteren Metallen kommen am häufigsten vor:

1) gediegen:	2) als Schwefelmetalle:	3) als Arsenikmet.
Gold.	Blei.	Kobalt.
Platin.	Antimon.	Nickel.
Silber.	Kupfer.	Silber.
Wismuth.	Silber.	Eisen.
Quecksilber.	Quecksilber.	
Arsen.	Arsen.	
	Eisen.	
	Zink.	

4) als Oxyde:	5) als Salze:
Mangan.	Kalium und Natrium.
Zinn.	Barium und Strontium.
Eisen.	Calcium und Magnesium.
Chrom.	Aluminium.
Zink.	Zink und Eisen.
Uran.	Blei und Kupfer.
Kupfer.	

Zusammenstellung der bekannteren chemischen Elemente.

Es ist sehr schwierig, die chemischen Grundstoffe so in Reihe und Glied zu bringen, dass ihre äusseren und inneren Eigenschaften, wie ihre Verwandtschaften zu einander, zu gleicher Zeit dadurch richtig angegeben werden. Nach ihrem physikalischen und chemischen Verhalten geordnet, lassen sie sich etwa in folgende Gruppen bringen:

Sauerstoff.
Fluor, Chlor, Brom, Jod, Cyan.
Schwefel, Selen, Tellur.
Phosphor, Stickstoff, Arsen, Antimon.
Kohlenstoff, Bor, Kiesel.
Chrom, Molybdän, Wolfram, Zinn, Wismuth.
Gold, Platin, Platinmetalle.
Silber, Quecksilber, Kupfer, Blei, Kadmium.
Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan, Zink, Uran.
Aluminium und andere Erdmetalle.
Magnesium, Calcium, Strontium, Barium.
Ammonium, Natrium, Kalium.
Wasserstoff.

In der nachfolgenden Zusammenstellung bilden die zwei Elemente, welche sich am unähnlichsten, am entgegengesetztesten sind: der elektronegativste (sauerste) Sauerstoff und das elektropositivste (basischste) Kalium, die beiden Endglieder einer Reihe; dann folgen auf den ersteren diejenigen Stoffe, die sich in ihren Eigenschaften und Verbindungen ähnlich wie Sauerstoff verhalten, auf das Kalium aber die diesem ähnlichen Stoffe. Da, wo die beiden Reihen zusammentreffen, findet man die unentschiedenen, bald negativ, bald positiv erscheinenden Elemente. Gilt es als ein Grundgesetz in der Chemie: dass die Körper mit um so grösserer Begierde sich mit einander verbinden, je unähnlicher sie sich sind, während die sich in ihren Eigenschaften ähnlichen Körper nur eine sehr geringe Neigung zur Vereinigung zeigen, so kann uns diese Reihenfolge zugleich ein ungefähres Bild von den Affinitäten der Elemente zu einander geben. Die weitauseinanderstehenden Stoffe haben nämlich grosse Lust, sich zu verbinden, die nahe zusammenstehenden nur geringe. Der Sauerstoff würde hiernach, wenn er wählen könnte, unter allen Elementen das Kalium am liebsten an sich ziehen, dann das Natrium, u. s. f., am gleichgültigsten dagegen würde er sich gegen das Fluor verhalten. Das Kalium zeigt auf der andern Seite die grösste Verwandtschaft zum Sauerstoff, weiter zu den Salzbildern, u. s. w., die geringste gegen seine Nachbarn und Verwandten, Natrium etc. Es muss jedoch ausdrücklich bemerkt werden, dass

diese **Verwandtschaftsscala** eine sehr schwankende ist und in vielen Fällen wesentliche Abänderungen erleidet. Eine Zusammenstellung der Elemente nach ihrer **Werthigkeit** oder **Valenz** findet sich unter den folgenden Verbindungsgesetzen.

—					+
Sauerstoff.		Wasserstoff.			Kalium
Fluor	Negative, vorzugsweise Säuren bildende Elemente.			Positive, vorzugsweise Basen bildende Elemente.	Natrium
Chlor					Lithium
Brom					Ammonium
Jod					Barium
Cyan					Strontium
Schwefel					Calcium
Selen					Magnesium
Phosphor					Aluminium
Stickstoff					Mangan
Kohlenstoff					Eisen
Bor					Zink
Kiesel					Kobalt
Arsen	Säuren			Elemente.	Nickel
Antimon					Cadmium
Gold		wie Basen	bildende		Chrom
Platin		Kupfer	Zinn		Uran
Silber		Quecksilber	Blei		Wismuth
		±			

Theoretisches zu den chemischen Verbindungsgesetzen.

Vergl. S. 235 und 334.

Die durch eine unendliche Reihe von Beobachtungen und Versuchen im Gebiete der Chemie und Physik entdeckten wunderbaren Naturgesetze erwecken den Drang nach einem tieferen Einblick in die innere Structur der Körperwelt, denn nur hierdurch ist uns die Hoffnung gegeben, über die Ursachen jener Gesetze Aufschluss zu erlangen. Soweit jedoch unsere jetzigen Hülfsmittel reichen, sind wir nur im Stande, aus gewissen gegenseitigen Beziehungen einiger jener Naturgesetze Schlüsse zu ziehen, welche zur Grundlage für die Aufstellung einer allgemein angenommenen Hypothese geworden sind. Diese Hypothese besteht im Wesentlichen darin, dass man sich alle Körper als durch Anhäufung äusserst kleiner, einzeln nicht wahrnehmbarer Theilchen gebildet denkt, welchen man die Namen Molecüle und Atome gegeben hat. Man nennt daher die hierauf gegründete und nach und nach sehr scharfsinnig ausgearbeitete Theorie, deren wichtigste Punkte im Folgenden dargelegt werden sollen,

Molecular- oder Atomtheorie.

536. Molecüle. Molecül wird der kleinste als für sich bestehend denkbare Theil eines Körpers genannt.

Pulverisirt man einen festen Körper, ein Stück Kreide, noch so fein, so wird jedes auch nur durch das stärkste Mikroskop wahrnehmbare Stäubchen davon immer noch aus einer Anzahl ganzer Molecüle bestehen; denn die mechanische Zertrümmerung eines Molecüls ist undenkbar, weil dasselbe eben schon den allerkleinsten Theil darstellt, bei dessen Zerstörung also die Fortexistenz des betreffenden Körpers aufhören müsste. Da nun aber die Kreide, auch in feinsten Staub verwandelt, stets noch Kreide bleibt, so müssen dabei auch ihre Molecüle unverletzt geblieben sein.

Die Molecüle werden vermöge der ihnen innewohnenden Anziehungskraft (Cohäsion) zusammengehalten, jedoch so, dass sie sich nie berühren, sondern stets noch mehr oder weniger grosse Zwischenräume vorhanden sind — denn jeder Körper ist porös. Bei den festen Körpern sind diese Zwischenräume am kleinsten und bei den Gasen am grössten.

Die Stärke der Cohäsionskraft ist dem Abstande der Molecüle umgekehrt proportional. In den starren Körpern sind die Molecüle durch die Cohäsion derartig festgebannt, dass sie nur kleiner Vibrationen und geringer Ortsveränderungen fähig sind, welche durch Erschütterung von aussen, durch Temperaturwechsel oder Elektricität u. dergl. veranlasst werden können. Bei den tropfbarflüssigen Körpern dagegen befinden sich die Molecüle bereits in solchen Abständen von einander, dass die Cohäsionskraft theilweise der Gravitation nachgeben muss. Die Molecüle bewegen sich hier mit solcher Leichtigkeit, dass sich diese Körper stets den sie umschliessenden Gefässen genau anpassen und eine ebene, wagerechte Oberfläche bilden. Bei den gas- oder dampfförmigen Körpern endlich sind sogar die Molecüle so weit von einander entfernt, dass die Cohäsion fast wirkungslos geworden ist und sich vielmehr die Tendenz zu immer weiterem Auseinanderweichen der Molecüle zeigt. Die Gase füllen jeden ihnen zugänglichen leeren Raum aus, vermischen sich mit Leichtigkeit untereinander und dringen in viele flüssige und feste Körper ein (Absorption der Gase). Diese Erscheinungen werden dadurch erklärt, dass die Gasmolecüle in beständiger Bewegung begriffen sind und ihren Weg so lange fortsetzen, bis sie auf ein Hinderniss stossen und so in andere Richtungen gelenkt werden.

Der Aggregatzustand eines Körpers ist sonach durch die grössere oder geringere Entfernung seiner Molecüle von einander bedingt.

Alle Einflüsse, welche die Molecüle in Bewegung versetzen, können deren gegenseitigen Abstand verändern und jenachdem der Cohäsion förderlich sein oder ihr entgegenwirken.

Obenan steht hierin die Wärme, welche sich gewissermaassen in beständigem Kampfe mit der Cohäsion befindet. Durch sie werden die Molecüle auseinandergedrängt und somit deren gegenseitige Anziehung abgeschwächt. Hierbei bemerkt man stets ein Verschwinden (Latentwerden) von Wärme, indem dieselbe sich

mit einem Theile der Cohäsion ausgleicht. Den Uebergang in den Gaszustand kann man als den Sieg der auseinandertreibenden Wärme über die Cohäsion betrachten. Bei der Verdichtung der Körper (das ist Zunahme der Cohäsion) wird solche gebunden gewesene Wärme wieder frei und fühlbar. Alle Volumveränderungen der Körper, auch wenn sie durch andere Ursachen bewirkt worden, sind entweder von einem Latentwerden oder einem Freiwerden von Wärme begleitet.

Eine zweite der Cohäsion oft entgegenarbeitende Kraft ist die Adhäsionskraft der Molecüle. Während die Cohäsion sich nur unter gleichartigen, demselben Körper angehörigen Molecülen äussert, bewirkt die Adhäsion die Annäherung ungleichartiger, respective verschiedenen Körpern zugehöriger Molecüle.

Giesst man z. B. Wasser und Spiritus zusammen, so entsteht eine gleichförmige Mischung, indem die Spiritusmolecüle vermöge der Adhäsion sich gleichmässig zwischen die Wassermolecüle lagern. Löst man ein Salz in Wasser, so findet dasselbe mit den Salzmolecülen statt und der feste Körper wird, indem er sich löst, flüssig. Umgekehrt bewirkt die Adhäsion bei vielen Gasen eine starke Verdichtung. Ammoniakgas z. B. verdichtet sich bis nahezu um das Fünfhundertfache, um mit Wasser vereinigt die gesättigte Ammoniakflüssigkeit zu bilden. Diese moleculare Adhäsion findet aber nur zwischen gewissen Körpern statt (Oel mischt sich nicht mit Wasser, viele Stoffe lösen sich nicht in demselben etc.), man spricht daher auch von adhäsiver Verwandtschaft der Körper.

Eine Aenderung in der Anordnung der Molecüle tritt auch in den festen Körpern zuweilen scheinbar ohne besondere Veranlassung ein. So sieht man z. B. die durchsichtige, glasartige, arsenige Säure milchweiss, den durchsichtigen Gerstenzucker undurchsichtig werden, was nur durch eine veränderte Lagerung der Molecüle zu erklären ist.

Bei den krystallisirten Körpern sind offenbar die Molecüle nach feststehenden Regeln derartig gruppirt, dass nach gewissen Richtungen hin ihre Abstände grösser sind, als nach den übrigen. Hieraus erklärt sich die Gesetzmässigkeit in der Krystallbildung und der Spaltbarkeit der Krystalle.

537. Atome. Obgleich man sich die Molecüle schon fast unendlich klein vorstellen muss, so steht dennoch fest, dass sie,

wenige Ausnahmen abgerechnet, sämmtlich aus noch kleineren Theilchen — aus Atomen — zusammengesetzt sind.

Atom nennt man den kleinsten, weder einer mechanischen Zertheilung, noch einer chemischen Zersetzung unterziehbaren Theil eines einfachen Körpers; oder mit anderen Worten: Das Atom ist der kleinste, chemische Verbindungen einzugehen fähige Theil eines Elements.

Diejenige Kraft, welche die Atome zu Molecülen vereinigt, ist die Affinität oder chemische Verwandtschaft. Alle chemischen Vorgänge sind durch die Affinität der Atome bedingt, welche bei jedem Elemente in charakteristischer Weise verschieden ist und in naher Beziehung zur Elektricität steht.

Die grosse Schnelligkeit, mit welcher man oft chemische Processe vor sich gehen sieht, sowie mehrere andere Wahrnehmungen nöthigen zu der Vermuthung, dass auch die Atome, indem sie sich zu Molecülen vereinigen, nicht in directe Berührung treten, sondern gewisse Abstände oder Zwischenräume innehalten. Jedoch muss als feststehend angenommen werden, dass die Wärme u. dergl. diese Zwischenräume nicht zu verändern vermag, ohne zugleich eine Zersetzung des Molecüls herbeizuführen. Dagegen bewirken Wärme und Elektricität, zuweilen auch Licht und äussere Erschütterung eine Bewegung der Atome in den Molecülen, welche oft eine Aenderung in der Stärke der Affinität zur Folge hat. — So verbindet sich das Eisen in glühendem Zustande direct mit Sauerstoff, während wiederum das Quecksilberoxyd beim Erhitzen sich in seine Bestandtheile zersetzt. Chlor verbindet sich mit Wasserstoff durch Vermittlung des elektrischen Funkens oder des Sonnenlichtes und Jodstickstoff zersetzt sich in Folge blosser Erschütterung.

Die Affinität vermag ihre Wirkung nur in nächster Nähe zu äussern und es ist daher nöthig, dass sich die Molecüle derjenigen Körper, welche gegenseitig in chemische Action treten sollen, innig vermischen. Es müssen daher die festen Körper erst durch Schmelzen oder Auflösen dazu befähigt werden. — *Corpora non agunt nisi fluida* lautet ein schon sehr alter Lehrsatz.

538. Gewicht der Molecüle. Ueber die absolute Zahl und Grösse der in einem Kilogramm oder Liter enthaltenen Molecüle irgend eines Körpers wird man, deren Kleinheit wegen, stets im Ungewissen bleiben, dagegen ist es eine Haupt-

aufgabe des Chemikers, die Art und Anzahl der in den Molecülen aller Körper enthaltenen Atome auf indirectem Wege zu erforschen. Hierzu ist vor Allem die Kenntniss des relativen Gewichtes der Atome eines jeden Elementes sowie das des zu untersuchenden Molecüls nöthig. Um diese Data zu erlangen, giebt es verschiedene Methoden, welche sich theilweise ergänzen und zur gegenseitigen Controle dienen.

Bei den Gasen beginnt die Ermittlung ihres Moleculargewichtes mit der Bestimmung ihrer specifischen Schwere. Da nämlich alle gas- und dampfförmigen Körper bei gleicher Wärmezufuhr und unter Einwirkung desselben Druckes ganz übereinstimmende Volumenveränderungen erfahren, so nimmt man an, dass dieselben bei Uebereinstimmung obiger Verhältnisse in gleichen Raumtheilen ganz dieselbe Anzahl gleichgrosser Molecüle enthalten. Wenn aber z. B. ein Liter Wasserstoff eben so viel Molecüle enthält, als ein Liter Stickstoff oder Sauerstoff oder Schwefeldampf, so ergiebt die Gewichtsdifferenz dieser gleichen Gasvolumina auch den Gewichtsunterschied der Molecüle. Indem man nun die Gewichte gleicher Volumina (also die specifischen Gewichte) der Gase verglich, hat man gefunden, dass der Wasserstoff am leichtesten ist und sonach auch die leichtesten Molecüle enthalten muss. Im Vergleich zu dem Molecül des Wasserstoffs (dieses gleich 1 gesetzt) fand man die Molecüle

von Chlor	 35,5mal	schwerer
„ Stickstoff	 14 „	„
„ Sauerstoff	 16 „	„
„ Schwefeldampf	 32 „	„
„ Chlorwasserstoffgas	. . 18,25 „	„
„ Wasserdampf	 9 „	„
„ Ammoniakgas	 8,5 „	„
„ Grubengas	 8 „	„

u. s. f.

Wenn man demnach das Gewicht des Wasserstoffmolecüls als Einheit annimmt, so stellen obige Zahlen die relativen Moleculargewichte für die betreffenden Körper dar. Dies kann aber nur dann geschehen, wenn man überzeugt ist, dass ein Molecül Wasserstoff nur aus einem Atom besteht, da man dieses doch, als den eigentlichen Minimaltheil, zur Einheit wählen muss. Geht man aber, um hierüber Aufschluss zu erlangen, sämmtliche

bekannte Verbindungen des Wasserstoffs durch, so findet man, dass die kleinste Quantität desselben, welche man darin antrifft, gleich einem halben Molecül ist und letzteres somit aus zwei Atomen Wasserstoff besteht.

Es vereinigen sich z. B. bei der Bildung des Chlorwasserstoffs gleiche Volumina von Wasserstoff und Chlor, also von beiden Elementen gleichviel Molecüle, respective je ein und ein Molecül. Das Product müsste demnach, wenn das Wasserstoffmolecül, als aus einem Atom bestehend, gleich 1 angenommen würde, 1 + 35,5, also 36,5mal schwerer sein. Nach obiger Angabe ist das Chlorwasserstoffmolecül aber nur 18,25mal so schwer, als das des Wasserstoffs und es kann in demselben daher von jedem dieser beiden Elemente nur so viel wie $1/2$ Molecül enthalten sein. Man muss also das Moleculargewicht des letzteren, um sein Atomgewicht = 1 setzen zu können, = 2 schreiben, und damit gestaltet sich obige kleine Tabelle folgendermaassen:

Moleculargewicht	von	Wasserstoff . . .	= 2
"	"	Chlor	= 71
"	"	Stickstoff	= 28
"	"	Sauerstoff	= 32
"	"	Schwefel	= 64
"	"	Chlorwasserstoff .	= 36,5
"	"	Wasser	= 18
"	"	Ammoniak . . .	= 17
"	"	Grubengas . . .	= 16

Nicht nur die Molecüle des Wasserstoffs, sondern die fast sämmtlicher Grundstoffe bestehen aus zwei Atomen; nur beim Quecksilber und Cadmium glaubt man annehmen zu müssen, dass das Molecül nur von je einem Atome gebildet wird, während man beim Phosphor und Arsen dagegen dasselbe zu je 4 Atomen annimmt.

Wird durch irgend einen chemischen Process ein Element in freiem Zustande abgeschieden, so pflegen sich also je zwei Atome davon zu einem Molecül zu verbinden. Man beobachtet daher an den Elementen im *statu nascendi* eine stärkere Verbindungsneigung, als im bereits isolirten Zustande, wo ein Theil der Affinität der Atome schon durch die Bildung der Molecüle in Anspruch genommen ist.

539. Gewicht der Atome. Bei denjenigen Körpern, welche nicht im gasförmigen Zustande beobachtbar sind, ist eine Ermitte-

lung ihres Moleculargewichtes aus dem specifischen Gewichte nicht möglich und es ergiebt sich dasselbe hauptsächlich aus der Summe der Atomgewichte ihrer Elementarbestandtheile. Um nun das Atomgewicht solcher Elemente festzustellen, welche wenig oder keine flüchtigen Verbindungen bilden und auch selbst nicht verdampfbar sind, kann daher nicht, wie oben, vom Moleculargewichte ausgegangen werden. Dafür giebt gerade bei diesen die specifische Wärme einen Anhalt für die Atomgewichtsbestimmung. Es zeigt sich dieselbe nämlich dem Atomgewichte umgekehrt proportional; je grösser also dieses ist, desto weniger Wärmezufuhr wird erfordert, um den gleichen Erwärmungseffect zu erzielen. Dieselbe Wärmemenge bewirkt z. B., dass vom Schwefel 32 Gramm, vom Kupfer 63 Gramm, vom Silber 108 Gramm und so fort in ihrer Temperatur um 1° gesteigert werden. Obige Wärmemenge beträgt 6 bis 7 Wärmeeinheiten und würde durch eine völlig constante Zahl ausdrückbar sein, wenn man darüber im Klaren wäre, wie viel Wärme ein jeder Körper verbraucht, um sich seiner Temperatur entsprechend auszudehnen.

Diese zwischen 6 und 7 schwankende Zahlengrösse hat man mit dem Namen Atomwärme belegt und sie ist es, welche hauptsächlich die Atomgewichtsbestimmung vermittelt. Dividirt man nämlich dieselbe durch die Zahl, welche die specifische Wärme (42) ausdrückt, so erhält man entweder einen dem Aequivalent des betreffenden Elementes gleichen oder doppelt so grossen Quotienten;

z. B. specif. Wärme des Kupfers	= 6 : 0,093	=	64,5	(63,5)
„ „ „ Silbers	= 6 : 0,056	=	107,1	(108)
„ „ „ Magnesiums	= 6 : 0,250	=	24	(24)

Da die Atomwärmezahl nicht ganz constant ist, so stimmt das Resultat bei manchen Elementen nur annähernd und man würde dadurch in Unsicherheit gebracht worden sein, wenn nicht durch gewisse Aehnlichkeiten im chemischen Verhalten und namentlich auch durch den Isomorphismus, welcher auf Uebereinstimmung in der Grösse der Atome schliessen lässt, ein weiterer Anhalt geboten würde.

Selbstverständlich stehen die S. 337 aufgeführten Verbindungsgewichte oder Aequivalente stets in naher Beziehung zu den Atomgewichten, da jene ja schon das Verhältniss angeben, in welchem die einzelnen Elemente sich gegenseitig verbinden.

Es blieb daher nur noch auf obige Art zu ermitteln, ob durch jene Zahlen zugleich die kleinsten Gewichtsmengen angegeben werden, welche in chemischer Verbindung anzutreffen sind.

Nachstehende Tabelle giebt eine Uebersicht der **Atom- und Moleculargewichte** der wichtigsten Elemente, welchen zur bequemen Vergleichung die Aequivalente zur Seite gestellt sind. Die den Symbolen der ersteren zugleich beigefügten Valenzzeichen finden ihre Erklärung weiter unten. Die Moleculargewichte der letzten Spalte beziehen sich auf je zwei Atome der Elemente, mit Ausnahme von Ħg, Ꞓd (1 At.) wie von Ᵽ und As (4 At.), wie oben schon erwähnt worden (538).

	Aequivalentgewichte (Aeq. G.).	Atomgewichte (A. G.).	Moleculargewichte (M. G.).
Wasserstoff . . . (Normalelement.)	H = 1	1 = H^{I}	H_2 = 2
Sauerstoff	O = 8	16 = O^{II} (Θ)	= 32
Stickstoff	N = 14	14 = N^{V}	= 28
Kohlenstoff . . .	C = 6	12 = C^{IV} (Ꞓ)	= 24
Schwefel	S = 16	32 = S^{II} (Ꞩ)	= 64
Phosphor	P = 31	31 = P^{V}	= 124
Chlor	Cl = 35,5	35,5 = Cl^{I}	= 71
Brom	Br = 80	80 = Br^{I}	= 160
Jod	J = 127	127 = J^{I}	= 254
Fluor	Fl = 19	19 = F^{I}	= 38
Bor	B = 11	11 = B^{III}	= 22
Silicium	Si = 14	28 = Si^{IV} (Ꞩi)	= 56
Kalium	K = 39	39 = K^{I}	= 78
Natrium	Na = 23	23 = Na^{I}	= 46
Lithium	Li = 7	7 = Li^{I}	= 14
Calcium	Ca = 20	40 = Ca^{II} (Ꞓa)	= 80
Barium	Ba = 68,5	137 = Ba^{II} (Ƀa)	= 274

	Aequivalent-gewichte (Aeq. G.).	Atom-gewichte (A. G.).	Molecular-gewichte (M. G.).
Strontium	Sr = 43,7	87,5 = $\mathrm{Sr^{II}}$ (Sr)	= 175
Magnesium . . .	Mg = 12	24 = $\mathrm{Mg^{II}}$ (Mg)	= 48
Aluminium . . .	Al = 13,7	27,5 = $\mathrm{Al^{IV}}$ (Al)	= 55
Eisen	Fe = 28	56 = $\mathrm{Fe^{IV}}$ (Fe)	= 112
Mangan	Mn = 27,5	55 = $\mathrm{Mn^{IV}}$ (Mn)	= 110
Kobalt	Co = 29,5	59 = $\mathrm{Co^{IV}}$ (Co)	= 118,6
Nickel	Ni = 29,5	59 = $\mathrm{Ni^{IV}}$ (Ni)	= 118
Uran	U = 60	120 = $\mathrm{U^{IV}}$ (U)	= 240
Zink	Zn = 32,5	65 = $\mathrm{Zn^{II}}$ (Zn)	= 65
Cadmium	Cd = 56	112 = $\mathrm{Cd^{II}}$ (Cd)	= 112
Blei	Pb = 103,5	207 = $\mathrm{Pb^{IV}}$ (Pb)	= 414
Kupfer	Cu = 31,7	63,5 = $\mathrm{Cu^{II}}$ (Cu)	= 127
Quecksilber . . .	Hg = 100	200 = $\mathrm{Hg^{II}}$ (Hg)	= 200
Silber	Ag = 108	108 = $\mathrm{Ag^{I}}$	= 216
Platin	Pt = 98,7	197,4 = $\mathrm{Pt^{IV}}$ (Pt)	= 394,8
Gold	Au = 197	197 = $\mathrm{Au^{III}}$	= 394
Zinn	Sn = 59	118 = $\mathrm{Sn^{IV}}$ (Sn)	= 236
Wismuth	Bi = 208	208 = $\mathrm{Bi^{III}}$	= 416
Chrom	Cr = 26,2	52,2 = $\mathrm{Cr^{IV}}$ (Cr)	= 104,4
Molybdän	Mo = 48	96 = $\mathrm{Mo^{VI}}$ (Mo)	= 192
Wolfram	W = 92	184 = $\mathrm{W^{VI}}$ (W)	= 378
Antimon	Sb = 122	122 = $\mathrm{Sb^{V}}$	= 244
Arsen	As = 75	75 = $\mathrm{As^{V}}$	= 300

Der scheinbare Widerspruch, dass bei den meisten Elementen die Atomgewichtszahl, welche doch die kleinste verbindungsfähige Quantität bezeichnet, doppelt so gross ist, als das Aequivalent, verschwindet, wenn man sich erinnert, dass für die

Aequivalente das zwei Atome enthaltende Molecül des Wasserstoffes als Einheit angenommen worden war, während bei den Atomgewichten ein Atom desselben = 1 gesetzt wurde. Es haben also diejenigen Elemente, bei welchen beide Zahlen übereinstimmen, eigentlich ein halb so grosses Atomgewicht ergeben.

540. Chemische Formeln. Nachdem man sich über die Atom- und Moleculargewichte genügend klar geworden war, sah man sich veranlasst, die chemischen Symbole nicht mehr auf die Aequivalente, sondern auf die Atome (resp. Atomgewichte) zu beziehen, da diese ja die eigentlichen Repräsentanten der einzelnen Elemente in den chemischen Verbindungen darstellen.

Hierdurch ist aber eine tiefgehende Aenderung in der chemischen Formelschreibweise herbeigeführt worden. Während man z. B. nach alter Weise die Formel des Wassers HO schrieb und damit andeutete, dass dasselbe aus 1 Aeq. Wasserstoff = 1 und 1 Aeq. Sauerstoff = 8 bestehe, so lautet die neue Formel H_2O und besagt, dass darin 2 Atome Wasserstoff = 2 und 1 Atom Sauerstoff = 16 enthalten sind, woraus sich sein Moleculargewicht = 18 ergiebt.

Welche Vorzüge diese neue Bezeichnungsweise vor der alten hat, wird insbesondere bei der organischen Chemie fühlbar. Für die anorganische Chemie ist ihr Werth zwar nicht geringer, nur verliert die Formelsprache hier viel von ihrer leicht fasslichen Einfachheit. Aus diesem Grunde wurden auch bisher in diesem Buche noch die Aequivalentformeln beibehalten; da diese jedoch mehr und mehr ausser Gebrauch kommen, so ist es sehr rathsam, sich mit den neuen Molecularformeln immer schon recht vertraut zu machen.

Durch die nachstehenden und weiter unten folgenden Beispiele sollen Fingerzeige für derartige Uebungen gegeben werden.

Vergleichung einiger alter und neuer Formeln.

	Alte Formel und Aequivalent.	Neue Formel und Moleculargewicht.
Wasserstoff (in freiem Zustande.)	$H = 1$	$HH = 2$
Wasser	$HO = 9$	$H_2\Theta = 18$
Schwefelwasserstoff . . .	$HS = 17$	$H_2S = 34$
Schwefelsäureanhydrid .	$SO_3 = 40$	$S\Theta_3 = 80$
Ammoniak	$H_3N = 17$	$H_3N = 17$
Salpetersäureanhydrid .	$NO_5 = 54$	$N_2\Theta_5 = 108$
Stickstoffoxyd	$NO_2 = 30$	$N\Theta = 30$
Chlorwasserstoff	$HCl = 36{,}5$	$HCl = 36{,}5$
Phosphorsäureanhydrid .	$PO_5 = 71$	$P_2\Theta_5 = 142$
Kohlensäureanhydrid . .	$CO_2 = 22$	$C\Theta_2 = 44$
Grubengas	$C_2H_4 = 16$	$CH_4 = 16$
Oelbildendes Gas	$C_4H_4 = 28$	$C_2H_4 = 28$
Kieselsäureanhydrid . .	$SiO_2 = 30$	$Si\Theta_2 = 60$
Schwefelkalium	$KS = 55$	$K_2S = 110$
Aetzkalk	$CaO = 28$	$Ca\Theta = 56$
Thonerde	$Al_2O_3 = 51{,}4$	$Al_2\Theta_3 = 102{,}8$
Eisenoxydul	$FeO = 36$	$Fe\Theta = 72$
Eisenoxyd	$Fe_2O_3 = 80$	$Fe_2\Theta_3 = 160$
Kupferoxyd	$CuO = 39{,}5$	$Cu\Theta = 79$
Kupferchlorid	$CuCl = 67$	$CuCl_2 = 134$
Schwefelkupfer	$CuS = 47{,}5$	$CuS = 95$
Silberoxyd	$AgO = 116$	$Ag\Theta = 116$

Um Verwechselungen zwischen neuen und alten Formeln vorzubeugen, pflegt man, für die Uebergangszeit, die Symbole aller der Elemente, bei welchen das Atomgewicht doppelt so gross ist, als das Aequivalent, wagerecht zu durchstreichen (z. B. Θ. S̶. C̶. C̶a. F̶e). Hier ist aus gleichem Grunde dieser Gebrauch noch beibehalten worden, obgleich derselbe sonst in Abnahme begriffen ist.

541. Empirische und Constitutionsformeln. Bei den zusammengesetzteren chemischen Verbindungen bedient man sich zur Bezeichnung ihrer Zusammensetzung entweder der empirischen oder der typischen und Constitutionsformeln. Im ersteren Falle stellt man die in einem Molecül enthaltenen Atome der betreffenden Elemente unmittelbar neben einander; die empirischen Formeln repräsentiren die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Körper, ohne jedoch über die innere Structur der letzteren und die Art und Weise, wie die Atome neben einander geordnet und mit einander verbunden sind, eine Andeutung zu geben. Letzteres ist jedoch mit den typischen und Constitutionsformeln (oder rationellen) der Fall, welche zugleich ein Bild davon geben sollen, in welcher Gruppirung die Atome in dem Molecül vorkommen und welche Atome fester mit einander verbunden sind, als die anderen. Schon früher (236) war von einfachen und zusammengesetzten Radicalen die Rede. Diese Begriffe sind durch die neue atomistische Betrachtungsweise chemischer Vorgänge wesentlich erweitert worden und man versteht jetzt unter Radical allgemein jedes bei chemischen Processen selbstständig auftretende Atom oder jeden sich analog verhaltenden Atomcomplex.

Wenn also z. B.

Salzsäure mit Kalihydrat Chlorkalium und Wasser

$$HCl \quad + \quad KH\Theta \quad = \quad KCl \quad + \quad H_2\Theta$$

giebt, so beobachtet man bei diesem Vorgange die 3 einfachen Radicale H, Cl und K und ein zusammengesetztes HΘ (Hydroxyl).

Dieses Radical, HΘ oder ΘH, und viele andere sind nicht in freiem Zustande darstellbar, weil sie für sich kein abgeschlossenes Molecül bilden; ihre Existenz ergiebt sich daher nur bei Beobachtung der chemischen Processe.

Den Austausch eines Radicals in einem Molecül gegen ein anderes nennt man S u b s t i t u t i o n. Um diese deutlicher zu veranschaulichen, pflegt man die neuen Formeln, namentlich bei Erläuterung von wechselseitigen Zersetzungen, oft in solcher Weise zu schreiben, dass die Radicale, welche in Action treten, getrennt stehen, z. B.

	die Salpetersäure:	das Kalihydrat:	den Kalisalpeter:
empirisch	$HN\Theta_3$	$K\Theta H$	$KN\Theta_3$
rationell	$N\Theta_2 . \Theta H$	$K . \Theta H$	$N\Theta_2 . \Theta K$
	$\left.\begin{matrix} H \\ N\Theta_2 \end{matrix}\right\} \Theta$	$\left.\begin{matrix} H \\ K \end{matrix}\right\} \Theta$	$\left.\begin{matrix} K \\ N\Theta_2 \end{matrix}\right\} \Theta$

Die beiden letzten Formeln für die Salpetersäure geben an, dass die fester mit einander vereinigte Atomgruppe $N\Theta_2$ das Radical der Salpetersäure darstellt und durch das dritte Atom Θ mit dem H verbunden wird. Bei der Neutralisation derselben mit Kali findet eine einfache Substitution statt, ihr H wird durch K ersetzt und tritt mit dem Hydroxyl des Kalihydrats zu Wasser ($H_2\Theta$) zusammen.

Die nachfolgenden Beispiele mögen diese verschiedenen Darstellungsweisen zu näherer Anschauung bringen und die Leser dieses Buches dazu anregen, auch die anderen alten Formeln desselben in Molecularformeln umzusetzen.

Es finden sich in der ersten Colonne die alten, nur auf die Aequivalente gegründeten Formeln; in der zweiten sind dieselben Verbindungen empirisch durch atomistische Symbole ausgedrückt und in der dritten durch die nämlichen Symbole unter gleichzeitiger Andeutung der muthmaasslichen Verkettung der Radicale. Diese letztere ist noch Gegenstand eifriger Studien und es herrschen zur Zeit verschiedene gut begründete Ansichten über die passendste Art, die innere Structur der chemischen Verbindungen durch Constitutionsformeln auszudrücken. Die ihrer Uebersichtlichkeit wegen besonders beliebt gewordenen typischen Formeln (542) sind in der dritten Colonne in erste Linie gestellt und werden auch in der folgenden Nummer noch zu näherer Betrachtung kommen. Die an letzter Stelle gegebenen Formeln sind nach verschiedenen Theorien construirt, über deren Principien in den am Ende der zweiten Abtheilung dieses Buches folgenden „Schlussbetrachtungen vom theoretischen Standpunkte“ weiter die Rede sein wird.

Alte (Aequivalent-) Formeln.	Empirische Formeln.	Constitutionsformeln.
Schwefelsäureanhydrid $= SO_3$	$S\Theta_3$	$S\Theta_2 . \Theta$
Schwefelsäurehydrat $= HO, SO_3$	$H_2S\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}H_2\\S\Theta_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $S\Theta_2\Theta_2H_2$
Phosphorsäure (3basisch) $= 3HO, PO_5$	$H_3P\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}H_3\\P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_3$ oder $P\Theta . (\Theta H)_3$
Pyrophosphorsäure (2basisch) $= 2HO, PO_5$	$H_4P_2\Theta_7$	$\left.\begin{matrix}H_4\\2P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_5$ oder $\begin{matrix}P\Theta(\Theta H)_2\\>\Theta\\P\Theta(\Theta H)_2\end{matrix}$
Metaphosphorsäure (1basisch) $= HO, PO_5$	$HP\Theta_3$	$\left.\begin{matrix}H\\P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $P\Theta_2 . \Theta H$
Phosphorige Säure $= 3HO, PO_3$	$PH_3\Theta_3$	$\left.\begin{matrix}P\Theta H\\H_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $P\Theta\left\{\begin{matrix}H\\\Theta H\\\Theta H\end{matrix}\right.$
Kieselsäurehydrat $= 2HO, SiO_2$	$H_4Si\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}H_4\\Si\end{matrix}\right\}\Theta_4$ oder $Si(\Theta H)_4$
Oxalsäure $= 2HO, C_4O_6$	$C_2H_2\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_2\Theta_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $\left\{\begin{matrix}C\Theta . \Theta H\\C\Theta . \Theta H\end{matrix}\right.$
Salpetersaures Ammoniak $= H_4NO, NO_5$	$H_4N_2\Theta_3$	$\left.\begin{matrix}H_4N\\N\Theta_2\end{matrix}\right\}\Theta$ oder $N\Theta_2 . \Theta . H_4N$

Alte (Aequivalent-) Formeln.	Empirische Formeln.	Constitutionsformeln.
Kohlensaures Kali $= KO, CO_2$	$K_2 \text{Ȼ} \Theta_3$	$\left.\begin{matrix}K_2\\ \text{Ȼ}\Theta\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $\text{Ȼ}\Theta \left\{\begin{matrix}\Theta K\\ \Theta K\end{matrix}\right.$ oder $\text{Ȼ}\Theta(\Theta K)_2$
Doppeltkohlens. Kali $= KO, CO_2 + HO, CO_2$	$HK\text{Ȼ}\Theta_3$	$\left.\begin{matrix}KH\\ \text{Ȼ}\Theta\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $\text{Ȼ}\Theta \left\{\begin{matrix}\Theta H\\ \Theta K\end{matrix}\right.$
Chlorsaures Kali $= KO, ClO_5$	$KCl\Theta_3$	$\left.\begin{matrix}K\\ Cl\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta$ oder $\begin{matrix}K-\Theta\\ Cl-\Theta\end{matrix}>\Theta$
Schwefelsaures Kali $= KO, SO_3$	$K_2 S\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}K_2\\ S\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $S\Theta_2\ (\Theta K)_2$
Saures schwefels. Kali $= KO, SO_3 + HO, SO_3$	$HKS\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}KH\\ S\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $S\Theta_2 \left\{\begin{matrix}\Theta K\\ \Theta H\end{matrix}\right.$
Saures oxals. Kali $= KO, C_2O_3 + HO, C_2O_3$	$HK\text{Ȼ}_2\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}HK\\ \text{Ȼ}_2\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $\text{Ȼ}_2\Theta_4 \left\{\begin{matrix}K\\ H\end{matrix}\right.$
Saures weins. Kali $= HO, KO + C_8H_4O_{10}$	$HK\text{Ȼ}_4H_4\Theta_6$	$\left.\begin{matrix}HK\\ \text{Ȼ}_4H_4\Theta_4\end{matrix}\right\} \Theta_2$ od. $\text{Ȼ}_2H_4\Theta_2.(\text{Ȼ}\Theta)_2.\Theta_2.KH$
Brechweinstein $= SbO_3, KO + C_8H_4O_{10}$	$KSb\text{Ȼ}_4H_4\Theta_7$	$\left.\begin{matrix}(Sb\Theta)K\\ \text{Ȼ}_4H_4\Theta_4\end{matrix}\right\} \Theta_2$ od. $\text{Ȼ}_2H_4\Theta_2.(\text{Ȼ}\Theta)_2.\Theta_2.\left\{\begin{matrix}K\\ Sb\Theta\end{matrix}\right.$
Essigsaures Bleioxyd $= PbO, C_4H_3O_3$	$\text{P̶b}\text{Ȼ}_4H_6\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}(\text{Ȼ}_2H_3\Theta)_2\\ \text{P̶b}\end{matrix}\right\} \Theta_2$ od. $[\text{Ȼ}H_3.\text{Ȼ}\Theta]_2.\Theta_2.\text{P̶b}$

Alte (Aequivalent-) Formeln.	Empirische Formeln.	Constitutionsformeln.
Phosphorsaures Natron		
a) 3basisches (neutrales) $= 3\,NaO, PO_5$	$Na_3P\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}NaNaNa\\P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_3$ oder $P\Theta . \Theta_3 . Na_3$
b) 2basisches (einfachs.) $= 2\,NaO, HO, PO_5$	$HNa_2P\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}HNaNa\\P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_3$ oder $P\Theta . \Theta_3 \left\{\begin{matrix}Na_2\\H\end{matrix}\right.$
c) 1basisches (zweifachs.) $= NaO, 2HO, PO_5$	$H_2NaP\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}HHNa\\P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_3$ oder $P\Theta . \Theta_3 \left\{\begin{matrix}Na\\H_2\end{matrix}\right.$
Kalkhydrat $= CaO, HO$	$H_2ꞒaΘ_2$	$\left.\begin{matrix}H_2\\Ꞓa\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $Ꞓa(\Theta H)_2$
Kohlensaurer Kalk $= CaO, CO_2$	$ꞒaꞒ\Theta_3$	$\left.\begin{matrix}Ꞓa\\Ꞓ\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $Ꞓ\Theta \left\{\begin{matrix}\Theta\\\Theta\end{matrix}\right. Ꞓa$
Schwefelsaurer Kalk $= CaO, SO_3$	$ꞒaS\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}Ꞓa\\S\Theta_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ oder $S\Theta_2 . \Theta_2Ꞓa$
Phosphorsaurer Kalk		
a) 3basischer (neutraler) $= 3\,CaO, PO_5$	$Ꞓa_3P_2\Theta_8$	$\left.\begin{matrix}Ꞓa_3\\2P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_6$ oder $[P\Theta . \Theta_3]_2Ꞓa_3$
b) Superphosphat (zweifachsaurer) $= CaO, HO, HO + PO_5$	$H_4ꞒaP_2\Theta_8$	$\left.\begin{matrix}H_4Ꞓa\\2P\Theta\end{matrix}\right\}\Theta_6$ oder $[P\Theta . \Theta_3]_2 \left\{\begin{matrix}H_2\\Ꞓa\end{matrix}\right.$

Alte (Aequivalent-) Formeln.	Empirische Formeln.	Constitutionsformeln.
Unterchlorigsaurer Kalk $= CaO, ClO$	$CaCl\Theta_2$	$\left.\begin{matrix}Ca\\ Cl_2\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $(Cl\Theta)_2 Ca$
Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia $= (2MgO, NH_4O)PO_5$	$Mg(NH_4)P\Theta_4$	$\left.\begin{matrix}H_4N\,.\,Mg\\ P\Theta\end{matrix}\right) \Theta_3$ oder $\left.\begin{matrix}NH_4\\ Mg\end{matrix}\right\} P\Theta_4$
Dieselbe, geglüht $= 2MgO, PO_5$	$Mg_2P_2\Theta_7$	$\left.\begin{matrix}Mg_2\\ 2P\Theta\end{matrix}\right\} \Theta_5$
Thonerdehydrat $= Al_2O_3, 3HO$	$H_6Al_2\Theta_6$	$\left.\begin{matrix}H_6\\ Al_2\end{matrix}\right\} \Theta_6$ oder $Al_2(\Theta H)_6$
Schwefelsaure Thonerde $= Al_2O_3, 3SO_3$	$Al_2 3(S\Theta_4)$	$\left.\begin{matrix}Al_2\\ 3S\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta_6$ oder $3S\Theta_2 . \Theta_6 Al_2$
Kalialaun $= KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3$	$K_2Al_2 4(S\Theta_4)$	$\left.\begin{matrix}K_2\\ S\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta_2 + \left.\begin{matrix}Al_2\\ 3S\Theta_2\end{matrix}\right\} \Theta_6$
Eisenoxydulhydrat (Eisenhydroxydul) $= FeO, HO$	$H_2Fe\Theta_2$	$\left.\begin{matrix}H_2\\ Fe\end{matrix}\right\} \Theta_2$ oder $Fe(\Theta H)_2$
Eisenoxydhydrat (Eisenhydroxyd) $= Fe_2O_3, 3HO$	$H_6Fe_2\Theta_6$	$\left.\begin{matrix}H_6\\ Fe_2\end{matrix}\right\} \Theta_6$ oder $Fe(\Theta H)_3$ oder $Fe_2(\Theta H)_6$

Alte (Aequivalent-) Formeln.	Empirische Formeln.	Constitutionsformeln.
Kaliumeisencyanür = $2\,KCy, FeCy$	$K_4\overline{Fe}\,\overline{C}_6N_6$	$\left.\begin{matrix}[\overline{Fe}(\overline{C}N)_6]^{IV}\\ K_4\end{matrix}\right\}$ oder $\overline{Fe}(\overline{C}N)_2 + 4\,K\overline{C}N$
Kaliumeisencyanid = $3\,KCy, Fe_2Cy_3$	$K_3\overline{Fe}\,\overline{C}_6N_6$	$\left.\begin{matrix}[\overline{Fe}_2(\overline{C}N)_{12}]^{VI}\\ K_6\end{matrix}\right\}$ oder $\overline{Fe}(\overline{C}N)_3 + 3\,K\overline{C}N$
Eisencyanürcyanid oder Berlinerblau = $3\,FeCy, 2\,Fe_2Cy_3$	$\overline{Fe}_7\overline{C}_{18}N_{18}$	$\left.\begin{matrix}[\overline{Fe}(\overline{C}N)_6]_3^{IV}\\ (\overline{Fe}_2)_2^{VI}\end{matrix}\right\}$ oder $3\,[\overline{Fe}(\overline{C}N)_2] + 4\,[\overline{Fe}(\overline{C}N)_3]$
Natriumsulfantimoniat = $3\,NaS, SbS_5$	$Na_3Sb\overline{S}_4$	$\left.\begin{matrix}Na_3\\ Sb\end{matrix}\right\}\overline{S}_4$
Weisser Präcipitat = $HgH_2N, HgCl$ (Bimercurammoniumchlorid)	$\overline{Hg}H_2NCl$	$\left.\begin{matrix}\overline{Hg}\\ H_2\\ H_2\end{matrix}\right\}N_2\left\{\begin{matrix}\overline{Hg}\\ Cl_2\end{matrix}\right.$ oder $\left.\begin{matrix}Hg_2\\ H_4\end{matrix}\right\}N_2Cl_2$

542. Typentheorie. Diese Theorie entstand, indem man bei Beobachtung der Volumenverhältnisse, welche sich bei den flüchtigen Verbindungen gasförmiger Körper ergeben, folgende drei Verbindungsschemata fand:

1 Vol. (= 1 Mol.) + 1 Vol. (= 1 Mol.) giebt 2 Vol. (= 2 Mol.)
2 „ (= 2 Mol.) + 1 „ (= 1 Mol.) „ 2 „ (= 2 Mol.)
3 „ (= 3 Mol.) + 1 „ (= 1 Mol.) „ 2 „ (= 2 Mol.)

Im ersten Falle findet gar keine Verdichtung statt, z. B.:
1 Wasserstoff-Mol. und 1 Chlor-Mol. bilden 2 Salzsäure-Mol.

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right\} = 2\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$$

Bei den Verbindungen zweiter Art ist das Product um $\frac{1}{3}$ dichter, als das noch unverbundene Gasgemisch, z. B.:
2 Wasserstoff-Mol. u. 1 Sauerstoff-Mol. geben 2 Wasser-Mol.

$$2\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}\Theta\\\Theta\end{matrix}\right\} = 2\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}\Theta$$

Die dritte Art ergiebt eine Verdichtung von 4 Volumen auf 2, also um die Hälfte, z. B.:
3 Wasserstoff-Mol. u. 1 Stickstoff-Mol. geben 2 Ammoniak-Mol.

$$3\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}N\\N\end{matrix}\right\} = 2\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$$

Diese drei hier als Beispiele aufgeführten Verbindungen bezeichnete man als Haupttypen und man glaubte in ihnen gewissermaassen die Modelle zu besitzen, welchen alle übrigen Verbindungen entsprechen, so dass diese gleichsam Substitutionsproducte derselben darstellen.

Um aber der vielgestaltigen chemischen Formeln auf solche Weise Herr zu werden, mussten die Typen noch bedeutend vermehrt werden. So kamen zunächst die multiplen Typen auf, wie

$$\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\} \text{ u. s. f.} \quad \left.\begin{matrix}H_2\\H_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 \quad \left.\begin{matrix}H_3\\H_3\end{matrix}\right\}\Theta_3 \text{ u. s. f.}$$

$$\left.\begin{matrix}H_2\\H_2\\H_2\end{matrix}\right\}N_2 \quad \left.\begin{matrix}H_3\\H_3\\H_3\end{matrix}\right\}N_3 \text{ u. s. f.}$$

(Selbstverständlich sind dies hier nur Schemata und keine wirklich existirenden Körper.)

Ferner nahm man auch gemischte Typen an, z. B.:

$$\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \left\{\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta\end{matrix}\right.\end{matrix} \qquad \begin{matrix}\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\mathrm{N}\\ \left\{\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\end{matrix}\right.\end{matrix}$$

von welchen dasselbe gilt.

Endlich fügte man auch noch einen vierten Typus, den des Grubengases ($\mathrm{ꞒH_4}$), hinzu, worin 4 At. H mit 1 At. Ꞓ ein Molecül bilden und somit eine Verdichtung um $^3/_5$ des berechneten Gesammtvolumens sattgefunden haben muss.

Jedenfalls könnte man auch noch mehr neue Typen aufstellen, was schon die grosse Mannichfaltigkeit der chemischen Verbindungen vermuthen lässt. Es ist aber die reine typische Anschauungsweise in neuerer Zeit durch Betrachtungen anderer Art etwas in den Hintergrund gedrängt worden, und sie scheint überhaupt mehr als Brücke für die Aufstellung neuer Gesichtspunkte in der theoretischen Chemie gedient zu haben.

Um obige Typen noch durch einige Beispiele zu erläutern, diene Folgendes:

1. Typus $\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{Cl}\end{matrix}\right\}$ und $\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}$.

Hierher gehören die 2 Atome enthaltenden Molecüle der freien Elemente und die Chloride, Bromide, Jodide und Fluoride der Alkalimetalle und des Silbers, z. B.:

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{Na}\\ \mathrm{Cl}\end{matrix}\right\} \qquad \left.\begin{matrix}\mathrm{K}\\ \mathrm{J}\end{matrix}\right\} \qquad \left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{Fl}\end{matrix}\right\} \qquad \left.\begin{matrix}\mathrm{Ag}\\ \mathrm{Br}\end{matrix}\right\}.$$

Ferner gehören hierher, gleichsam als Substitutionsproducte multipler Typen, die übrigen Haloidverbindungen, z. B.:

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{Ꞓa}\\ \mathrm{Cl_2}\end{matrix}\right\}\text{ (Chlorcalcium), } \quad \left.\begin{matrix}\mathrm{Ꞙe_2}\\ \mathrm{Cl_6}\end{matrix}\right\}\text{ Eisenchlorid.}$$

2. Typus $\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta$ und seine Multipla.

Hierzu rechnet man hauptsächlich die Hydrate der Sauerstoffsäuren und Basen, sowie die Sauerstoffsalze, Sulfosalze u. s. w.

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{K}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta\text{ Kalihydrat,} \qquad \left.\begin{matrix}\mathrm{N\Theta_2}\\ \mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta\text{ Salpetersäurehydrat,}$$

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{K}\\ \mathrm{N\Theta_2}\end{matrix}\right\}\Theta\text{ Kalisalpeter,} \qquad \left.\begin{matrix}\mathrm{Na}\\ \mathrm{Na}\end{matrix}\right\}\mathrm{Ꞩ}\text{ Einfach-Schwefelnatrium.}$$

$\left.\begin{matrix}\bar{C}a\\ H_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ Kalkhydrat, $\left.\begin{matrix}\bar{S}\Theta_2\\ H_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ Schwefelsäurehydrat,

$\left.\begin{matrix}\bar{S}\Theta_2\\ K_2\end{matrix}\right\}\Theta_2$ schwefelsaures Kali, $\left.\begin{matrix}\bar{S}\Theta_2\\ \bar{C}a\end{matrix}\right\}\Theta_2$ schwefelsaurer Kalk.

$\left.\begin{matrix}Fe_2\\ H_6\end{matrix}\right\}\Theta_6$ Eisenoxydhydrat, $\left.\begin{matrix}Fe_2\\ (\bar{S}\Theta_2)_3\end{matrix}\right\}\Theta_6$ schwefelsaures Eisenoxyd.

3. Typus $\left.\begin{matrix}H\\ H\\ H\end{matrix}\right\}N.$

Dieser umfasst vorzüglich organische Basen; Repräsentanten in der anorganischen Chemie sind noch

$\left.\begin{matrix}H\\ H\\ H\end{matrix}\right\}P$ Phosphorwasserstoff, $\left.\begin{matrix}H\\ H\\ H\end{matrix}\right\}As$ Arsenwasserstoff.

4. Typus $\left.\begin{matrix}H\\ H\\ H\\ H\end{matrix}\right\}\bar{C}$

gehört mit allen seinen Ableitungen der organischen Chemie an.

543. Werthigkeit oder Valenz der Atome und Radicale. Bei obigen Beispielen für die typische Formelschreibweise fällt zunächst auf, dass im Kalkhydrat und Chlorcalcium gewissermaassen 1 At. Calcium an Stelle von 2 At. Wasserstoff gesetzt ist. Bei dem Eisenoxydhydrat und Eisenchlorid ferner sind 6 At. Wasserstoff durch nur 2 At. Eisen substituirt. Diese und zahlreiche ähnliche Erscheinungen werden durch die Lehre von der W e r t h i g k e i t oder V a l e n z der Radicale aufgeklärt.

Man unterscheidet nämlich unter den einfachen und zusammengesetzten Radicalen

1. e i n w e r t h i g e oder univalente Radicale, welche nur 1 Atom Wasserstoff oder Chlor zu binden vermögen, wie z. B.:

Cl, Br, J, Fl, K, Na, Li, Ag.

$H\Theta$ (Hydroxyl), $N\Theta_2$ (Radical der Salpetersäure) etc.;

2. z w e i w e r t h i g e oder bivalente Radicale, bei denen zur vollen Ausgleichung ihrer Affinität 2 Atome Wasserstoff oder ebenso viel von anderen einwerthigen Radicalen erforderlich sind. Hierher gehören z. B.:

Θ, S, Se, Ca, Ba, Sr, Mg, Zn, Cd, Cu, Hg.

$SΘ_2$ (Radical der Schwefelsäure), CΘ (Radical der Kohlensäure);

3. **dreiwerthige** oder trivalente Radicale, welche 3 Wasserstoffatome oder was dem gleichwerthig ist, zu binden vermögen, wie z. B.:

B, Au, Bi, PΘ (Radical der Phosphorsäure);

4. **vierwerthige** Radicale, bei denen die Fähigkeit vorhanden ist, 4 einwerthige Atome zu binden, z. B.:

C, Si, Sn, Al, U, Mn, Fe, Cr, Co, Ni, Pt;

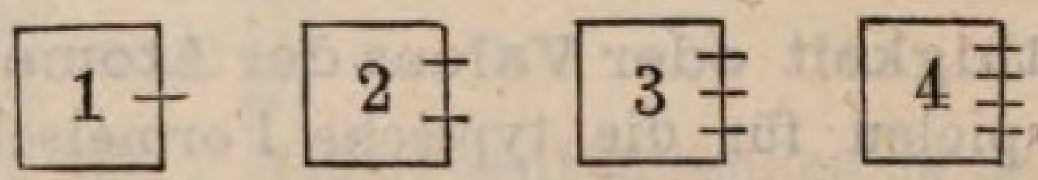
5. **fünfwerthige** Radicale, wie

N, P, As, Sb, und

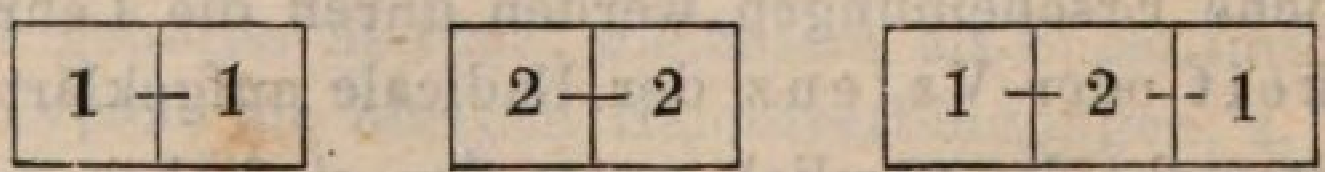
6. **sechswerthige** Radicale, welche bis zu 6 einwerthige Atome zu einem Molecül binden können, wie z. B.:

Mo, W, Fe_2, C_6 H_8 (Radical im Mannit).

Um dieses verschiedene Verhalten der Radicale sich anschaulich zu machen, kann man sich an den betreffenden Atomen oder Atomgruppen besondere, in ihrer Anzahl der Werthigkeit entsprechende Anziehungs- oder Affinitätspunkte vorstellen. Ein einwerthiges Radical hat nur einen, ein zweiwerthiges zwei u. s. f., wie durch folgende graphische Symbole angedeutet werden soll.



Verbinden sich 2 einwerthige oder 2 zweiwerthige oder 1 zweiwerthiges mit 2 einwerthigen Radicalen, so gleichen sich die vorhandenen Affinitäten gegenseitig aus und das Molecül ist ein gesättigtes.



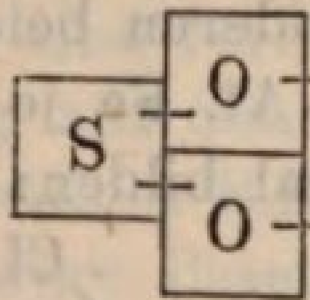
Solche Körper sind daher keiner directen weiteren Verbindung fähig, sondern können nur Substitutionen erleiden.

Bei den mehrwerthigen Radicalen pflegt aber häufig der Fall stattzufinden, dass nur ein Theil der disponibeln Affinität befriedigt wird, und solche Körper haben dann zumeist die Fähigkeit, als Radicale aufzutreten und weitere Verbindungen einzugehen. So verhält sich z. B. das Cyan ganz wie ein einwerthiges Element

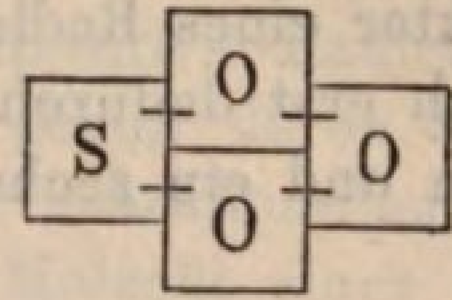


Das Anhydrid der schwefligen Säure, $S\!<\!\begin{smallmatrix}\Theta\\ |\\ \Theta\end{smallmatrix}$, verwandelt sich unter geeigneten Umständen, z. B. in den Bleikammern, in das zweiwerthige

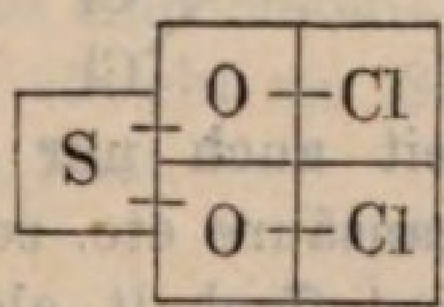
Schwefelsäure-Radical



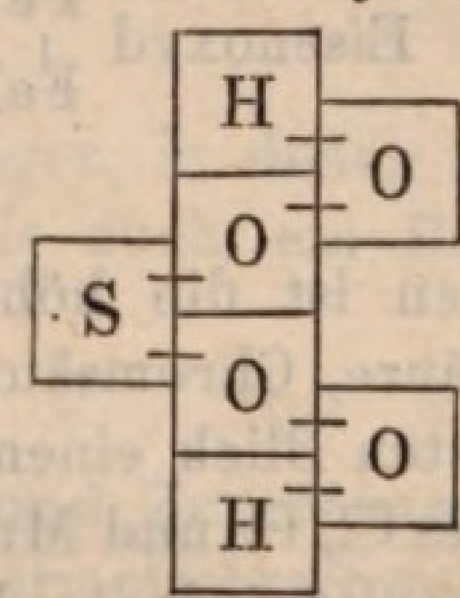
Schwefelsäureanhydrid



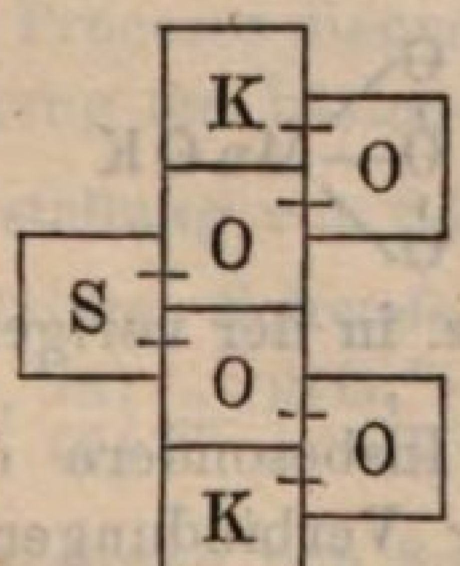
Chlorschwefelsäure



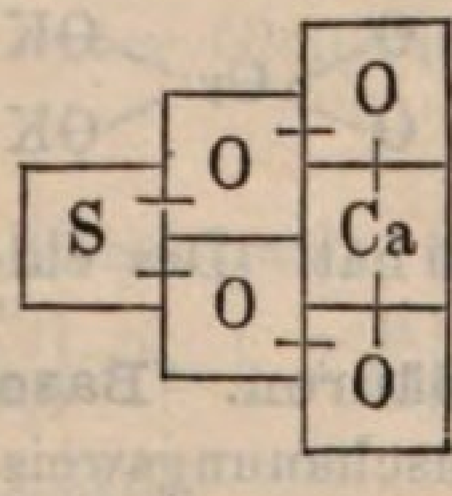
Schwefelsäurehydrat



Schwefelsaures Kali



Schwefelsaurer Kalk



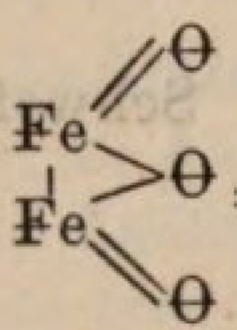
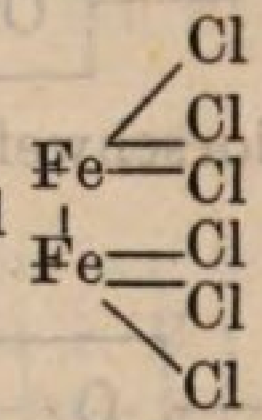
Zur Markirung der Werthigkeit beim Schreiben chemischer Formeln bedient man sich folgender Zeichen:

$$R^{I},\ R^{II},\ R^{III},\ R^{IV},\ R^{V},\ R^{VI},$$

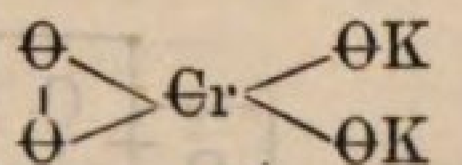
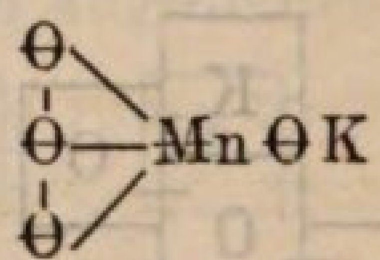
z. B.: $(N\Theta_2)^{I}$. $(S\Theta_2)^{II}$, Sn^{IV}, $(Fe_2)^{VI}$.

Für die Elemente sind diese Valenzzeichen schon S. 492 mit angegeben worden. In einzelnen Fällen herrscht noch Ungewissheit darüber, wie hoch man die Werthigkeit eines Elements schätzen soll. Das Jod gilt z. B. für univalent, da es aber sich mit 3 At. Chlor verbinden kann, so sollte es eigentlich als dreiwerthig bezeichnet werden. Sehr beachtenswerth ist der Umstand, dass bei den mehrwerthigen Elementen sich oft die Valenzeinheiten verschieden stark äussern. Fast alle Elemente bilden

mehrere Oxydationsstufen, zumeist auch mehrere Chloride, Sulfide etc., so dass z. B. der fünfwerthige Stickstoff im Stickoxydul ($N_2\Theta$) nur einwerthig, im Ammoniak (NH_3) als dreiwerthig erscheint. Im Eisenoxydul sind nur die beiden stärksten der vier Valenzeinheiten des Fe gesättigt, ohne dass deshalb das Product den Charakter eines Radicals zeigt; die anderen beiden Valenzen machen sich erst dadurch geltend, dass 2 At. Fe je eine Valenz austauschen und ein sechswerthiges Radical bilden:

Eisenoxyd , Eisenchlorid 

Zuweilen ist die höhere Werthigkeit auch nur scheinbar. Die Chlorsäure, Chromsäure, Uebermangansäure etc. zeigen z. B. auf den ersten Blick einen höheren Sauerstoffgehalt, als man der Capacität des Cl, Cr und Mn gemäss erwarten sollte. Das chemische Verhalten weist jedoch darauf hin, dass man das chromsaure Kali und das übermangansaure Kali

 und 

zu schreiben hat. (Das chlorsaure Kali s. in der vorigen Tabelle.)

544. Säuren. Basen. Salze. Insbesondere durch die typische Anschauungsweise chemischer Verbindungen sind die Begriffe „Säure", „Base", „Salz" u. dergl. einigermaassen verschmolzen worden; wenigstens ist die frühere Definition dafür durch eine neue, mehr theoretisch begründete, zu ersetzen.

Alle Säuren sind nach den neueren Ansichten wasserstoffhaltig, und von den Sauerstoffsäuren gehören daher nur die Hydrate (Hydrosäuren) zu den eigentlichen Säuren.

Die drei neuen Begriffserklärungen lauten:

1. Säuren sind wasserstoffhaltige Verbindungen elektronegativer Radicale, bei welchen der Wasserstoff ganz oder theilweise durch elektropositive Radicale substituirt werden kann, z. B.:

Schwefelsäure u. Zink geben schwefelsaures Zink u. Wasserstoff

$$S\Theta_4H_2 \quad + \quad Zn \quad = \quad S\Theta_4Zn \quad + \quad 2H;$$

Schwefelsäure u. Zinkhydroxyd geben schwefels. Zink u. Wasser

$$S\Theta_4H_2 \;+\; Zn(\Theta H)_2 \;=\; S\Theta_4Zn \;+\; 2H_2\Theta.$$

Einbasige Säuren enthalten nur 1 ersetzbares Wasserstoffatom.
Zweibasige Säuren enthalten 2 ersetzbare Wasserstoffatome.
Dreibasige „ „ 3 „ „

2. Basen sind Verbindungen elektropositiver Radicale, welche in Berührung mit Säuren ihr Radical gegen deren Wasserstoff unter gleichzeitiger Bildung von Wasser auszutauschen im Stande sind. Einsäurige Basen bilden mit 1 Molecül einer einbasigen Säure ein neutrales Salz, zweisäurige mit 2, dreisäurige mit 3 Molecülen derselben.

3. Salze sind chemische Verbindungen, in denen sich durch Reactionen sowohl ein Säureradical, als auch ein Basenradical nachweisen lässt.

545. Chemische Verbindungen und Zersetzungen. Zur weiteren Verdeutlichung der neuen Formelschreibweise mögen noch folgende symbolische Erläuterungen einiger bekannter chemischer Processe dienen. Man stellt den stattfindenden chemischen Vorgang am besten in der Form einer Gleichung dar.

1. Darstellung von Salzsäure:

Chlornatrium Schwefelsäurehydrat Glaubersalz Salzsäure.

$$2\left.\begin{matrix}Na\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}(S\Theta_2{}^{II})\\H_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 = \left.\begin{matrix}(S\Theta_2{}^{II})\\Na_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 + 2\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}.$$

2. Darstellung von Soda aus Glaubersalz:

$$\left.\begin{matrix}(S\Theta_2)^{II}\\Na_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 + 2C = 2C\Theta_2 + \left.\begin{matrix}Na\\Na\end{matrix}\right\}S$$

$$\left.\begin{matrix}Na\\Na\end{matrix}\right\}S + \left.\begin{matrix}C\Theta^{II}\\Ca\end{matrix}\right\}\Theta_2 = \left.\begin{matrix}C\Theta^{II}\\Na_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 + Ca^{II}S.$$

3. Darstellung von Aetznatronlauge:

$$\left.\begin{matrix}C\Theta^{II}\\Na_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 + \left.\begin{matrix}H_2\\Ca^{II}\end{matrix}\right\}\Theta_2 = \left.\begin{matrix}C\Theta^{II}\\Ca^{II}\end{matrix}\right\}\Theta_2 + 2\left(\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}\Theta\right).$$

4. Auflösung von Kupfer in Salpetersäure:

$$8\left(\left.\begin{matrix}N\Theta_2\\H\end{matrix}\right\}\Theta\right) + 3Cu = 3\left(\left.\begin{matrix}(N\Theta_2)_2\\Cu^{II}\end{matrix}\right\}\Theta_2\right) + 4\left(\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}\Theta\right) + 2N\Theta.$$

5. Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf salpetersaures Bleioxyd (Bleinitrat):

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{Pb}''\\(\mathrm{N\Theta_2})_2\end{matrix}\right\}\Theta_2+\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix}\right\}\mathrm{S}=\mathrm{Pb}''\mathrm{S}+2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{N\Theta_2}\end{matrix}\right\}\Theta\right).$$

(Das Pb ist hier nur als zweiwerthig bezeichnet, da es die beiden anderen Affinitäten nur unter besonderen Umständen zur Geltung bringt, wie z. B. im Hyperoxyd: $\mathrm{Pb\,\Theta_2}$.)

6. Darstellung von Ammoniakgas:

$$2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix}\right\}\mathrm{N^v}\left\{\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{Cl}\end{matrix}\right)+\left.\begin{matrix}\mathrm{Ca}''\\\mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\Theta_2=2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta_2\right)+\left.\begin{matrix}\mathrm{Ca}''\\\mathrm{Cl_2}\end{matrix}\right\}+2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix}\right\}\mathrm{N}\right)$$

(Salmiak)

7. Darstellung des Phosphors:

$$\left.\begin{matrix}(\mathrm{P\Theta})'''_2\\\mathrm{Ca}''_3\end{matrix}\right\}\Theta_6+2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{S\Theta_2}''\\\mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\Theta_2\right)=2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{S\Theta_2}''\\\mathrm{Ca}''\end{matrix}\right\}\Theta_2\right)+\left.\begin{matrix}(\mathrm{P\Theta})'''_2\\\mathrm{Ca}''\\\mathrm{H_4}\end{matrix}\right\}\Theta_6$$

(Phosphorsaurer Kalk der Knochenasche) (Saurer phosphorsaurer Kalk)

$$4\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{P\Theta}'''_2\\\mathrm{Ca}''\\\mathrm{H_4}\end{matrix}\right\}\Theta_6\right)+10\,\mathrm{C}=2\left(\left.\begin{matrix}(\mathrm{P\Theta})'''_2\\\mathrm{Ca}''_2\end{matrix}\right\}\Theta_5\right)+10\,\mathrm{C\Theta}$$

(Pyrophosphorsaurer Kalk)

$$+\,8\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta\right)+\left.\begin{matrix}\mathrm{P_2}\\\mathrm{P_2}\end{matrix}\right\}$$

(1 Mol. Phosphor)

8. Darstellung des Sauerstoffgases aus doppeltchromsaurem Kali und Schwefelsäurehydrat:

$$2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{Cr\,\Theta_2}''\\\mathrm{Cr\,\Theta_2}''\\\mathrm{K_2}\end{matrix}\right\}\Theta_3\right)+8\left(\left.\begin{matrix}(\mathrm{S\Theta_2})''\\\mathrm{H_2}\end{matrix}\right\}\Theta_2\right)=2\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{S\Theta_2}''\\\mathrm{K_2}\end{matrix}\right\}\Theta_2+\left.\begin{matrix}(\mathrm{Cr_2})^{\mathrm{VI}}\\(\mathrm{S\Theta_2}'')_3\end{matrix}\right\}\Theta_6\right)$$

(Chromalaun)

$$+\,8\left(\left.\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix}\right\}\Theta\right)+3\left.\begin{matrix}\Theta\\\Theta\end{matrix}\right\}$$

ZWEITE ABTHEILUNG.

ORGANISCHE CHEMIE.

(Chemie der Pflanzen- und Thierstoffe.)

Pflanzenstoffe.

546. Pflanzenleben. Eine unergründliche Weisheit hat in das Samenkorn die Kraft gelegt, in feuchter Erde zu keimen und zu einer Pflanze emporzuwachsen, die Blätter, Blüthen und Samen treibt und dann wieder abstirbt und vergeht. Keimen, Wachsen, Blühen, Samentragen und Welken, das sind die hauptsächlichsten Entwicklungsstufen, welche die Pflanzen zu durchlaufen haben; sind sie bis zur Erzeugung von Samen, d. i. von neuen lebensfähigen Körpern vorgeschritten, so haben sie ihre Aufgabe erfüllt und ihr Lauf geht wieder abwärts, der Verwesung entgegen. Ob sie dieser schon nach einem kurzen Sommer oder erst nach Hunderten von Jahren anheimfallen, ändert in der Hauptsache nichts.

Der Gotteshauch, welcher diese Veränderungen, die Erscheinungen des Lebens, in der Pflanzenwelt hervorruft, er ist uns seinem Wesen nach völlig unbekannt; man hat ihm zwar einen besonderen Namen, den Namen Lebenskraft gegeben, allein zu einer klareren Erkenntniss sind wir dadurch nicht gelangt. Sein Wirken geschieht auf so geheimnissvolle Weise, dass es scheint, als solle das Ahnen des forschenden Menschengeistes in dieser Hinsicht hienieden nicht ins Schauen verwandelt werden. Wir fühlen zwar das Rauschen des Lebensstromes an der Freude, die uns durchdringt, wenn er im Frühlinge die Knospen zersprengt und die Erde mit einem Blüthenmeere übergiesst, wie an der Wehmuth, die uns ergreift, wenn im Herbste das Welken

der Blätter sein Scheiden ankündigt; aber von wannen er kommt und wohin er geht und wie er die Wunder der Pflanzenwelt hervorzaubert, davon wissen wir gar nichts. Das nur, was er hervorbringt, ist erfassbar für unsere Sinne, wie das, woraus er es hervorbringt.

547. Mikroskopische und chemische Forschungen. Zwei Wege stehen dem Forscher offen, auf denen er bis zu einem gewissen Grade eindringen kann in die verhüllte Werkstätte des Pflanzenlebens: 1) der Weg der Beobachtung, der, besonders mit Hülfe des Vergrösserungsglases, zu einer sehr genauen Kenntniss des Baues der Vegetabilien und der während des Wachsthums stattfindenden Veränderungen in der Form der einzelnen Pflanzentheile (Organe) geführt hat; 2) der Weg der chemischen Versuche, auf dem die Bestandtheile der Pflanzen, ihre Nahrungsmittel und einige während des Wachsthums der Vegetabilien vorkommende Stoffveränderungen ermittelt worden sind. Was man auf diesen zwei Wegen über die inneren und äusseren Veränderungen, welche die Gewächse während ihres Lebens erfahren, kennen gelernt hat, wird Pflanzenphysiologie genannt.

548. Nähere Bestandtheile der Pflanzen. In den Pflanzen erzeugen sich während ihres Wachsthums gar vielerlei selbstständige Stoffe, die wir in vielen Fällen schon durch ihr verschiedenartiges Ansehen und ihren Geschmack von einander unterscheiden können. Die Weintrauben, Mohrrüben und viele andere Früchte und Wurzeln schmecken süss: es ist Zucker darin; die Zweige und Blätter des Weinstocks schmecken sauer: sie enthalten ein saures Salz; die des Wermuths bitter: sie enthalten einen eigenthümlichen bittern Stoff; die letzteren besitzen zugleich einen starken Geruch, der von einem flüchtigen Oele herrührt. In den Samen unserer Getreidearten und in den Kartoffelknollen finden wir einen mehlähnlichen Körper, die Stärke; in den Samen der Rübsen- und Leinpflanze einen schlüpfrigen Saft, fettes Oel; die Kirsch- und Pflaumenbäume schwitzen einen klebrigen Saft aus, der sich im Wasser auflöst, die Nadelhölzer einen ähnlichen, der aber im Wasser unlöslich ist: wir nennen den ersteren Gummi, den letzteren Harz. Die

Farbenpracht der Blumen, sie rührt von **Farbstoffen** her; die schädliche Wirkung der Giftpflanzen von **Pflanzenbasen** etc. Man benennt diese Stoffe überhaupt mit dem allgemeinen Namen: **nähere Bestandtheile der Pflanzen**. Manche derselben sind fast in **jeder** Pflanze anzutreffen, andere dagegen finden sich nur in einzelnen Pflanzenarten.

Was die Natur hier in den lebenden Pflanzen erschafft, das können wir durch die Kunst nur in seltenen Fällen und unvollkommen **nacherschaffen**, wie wir es in der unorganischen Chemie auf die vollkommenste Weise vermögen. Aus welchen Elementen die näheren Bestandtheile der Pflanzen zusammengesetzt sind und in welchen Gewichtsverhältnissen, das ist zwar durch die chemische Zerlegung derselben auf die genaueste Weise ermittelt, das Wiederaufbauen aber ist bis jetzt erst bei einigen krystallisirbaren festen und einigen flüssigen Körpern gelungen.

549. Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe. Unreife Weinbeeren schmecken sauer, reife süss; wir müssen daraus schliessen, dass während des Reifens die Säure der Trauben sich in Zucker verwandelt. Gewöhnliche Gerstenkörner schmecken mehlig; lassen wir sie keimen, so erlangen sie einen schleimigen und süssen Geschmack, weil sich während des Keimens ein Theil der Stärke in Gummi und während des Kauens in Zucker umwandelt. Aehnliche Veränderungen kommen in jeder lebenden Pflanze vor, ja wir sehen sie oft genug auch dann eintreten, wenn die Lebensfähigkeit den Pflanzen nicht mehr innewohnt. Kartoffeln z. B. werden süss, wenn man sie gefrieren lässt; alle Stärke der gekeimten Gerste wird zu Zucker, wenn man die letztere, mit Wasser übergossen, einige Stunden an einen warmen Ort stellt etc. Was hier durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen oder durch Kälte und Wärme bewirkt wird — die **Umwandlung eines Pflanzenstoffs in einen anderen** —, das können wir auch künstlich auf vielfach andere Weise zu Stande bringen. Die Kunst vermag in dieser Beziehung sogar viel mehr als die Natur, denn sie erzeugt Verbindungen, die wir in lebenden Pflanzen nie fertig gebildet antreffen, z. B. Weingeist, Holzessig u. v. a. Ins Unzählige gehen diese Verbindungen, wenn man unorganische Körper mit zu Hülfe nimmt, z. B. starke Säuren und Basen, Chlor u. s. w., und diese auf Pflanzenstoffe ein-

wirken lässt, da alle Pflanzenstoffe dadurch auf unendlich mannichfache Weise verändert und zu neuen Körpern umgebildet werden. Tausende solcher neuen Verbindungen sind allein innerhalb der letztverflossenen Jahrzehnte entdeckt worden; unsere Nachkommen werden sie nach Millionen zählen müssen.

550. Elementarbestandtheile der Pflanzen. Fragt man nach den *Elementen*, aus denen die näheren Bestandtheile der Pflanzen zusammengesetzt sind, so ist darauf zu antworten: man findet in ihnen hauptsächlich folgende vier: *Kohlenstoff*, *Wasserstoff*, *Sauerstoff* und *Stickstoff*, die desshalb auch *Organogene* genannt werden. Manche Pflanzenstoffe enthalten alle vier Elemente zusammen (CHON), diese heissen *stickstoffhaltige*, andere, und zwar bei weitem die meisten, enthalten dagegen nur die drei ersten Elemente (CHO), diese werden *stickstofffreie* genannt; sehr wenige nur bestehen aus zwei Elementen (CH, CO, CN). In keinem organischen Körper fehlt der Kohlenstoff, man definirt daher auch die organische Chemie als die Chemie der *natürlichen* und *künstlichen Kohlenstoffverbindungen*. Aus diesen wenigen Elementen, zu denen nur noch ganz kleine Quantitäten von Schwefel, Phosphor und einige unorganische Säuren und Basen hinzutreten, vermag die Schöpfungskraft der Natur alle die Tausende und aber Tausende von Pflanzen zu erzeugen, welche die Oberfläche unseres Erdballs bedecken.

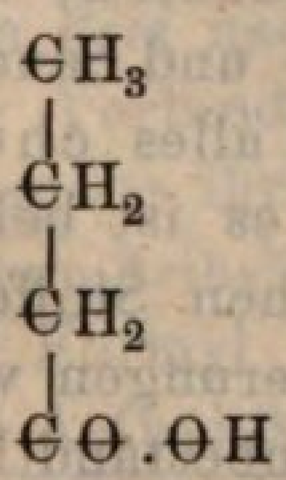
Die grosse Anzahl und Mannichfaltigkeit der Pflanzenstoffe erklärt sich demnach nicht durch die Zahl und Mannichfaltigkeit ihrer Bestandtheile, wir haben deren Grund vielmehr in der mannichfachen Art und Weise zu suchen, in welcher diese drei oder vier Elemente an einander gefügt und mit einander verbunden sind, wie in gewissen Eigenthümlichkeiten, welche das maassgebendste dieser Elemente, der Kohlenstoff, beim Zusammentreten mit anderen Elementen, zumal mit dem Wasserstoff, zeigt.

551. Eigenthümlichkeiten des Kohlenstoffs. Der Kohlenstoff ist vierwerthig (543), $\overset{IV}{Ꞓ}$; er kann daher folgende vier Classen von gesättigten Verbindungen liefern: 1) mit vier 1werthigen Atomen, z. B. $\overset{IV}{Ꞓ}\overset{I}{H}_4$; 2) mit zwei 2werthigen Atomen, z. B.

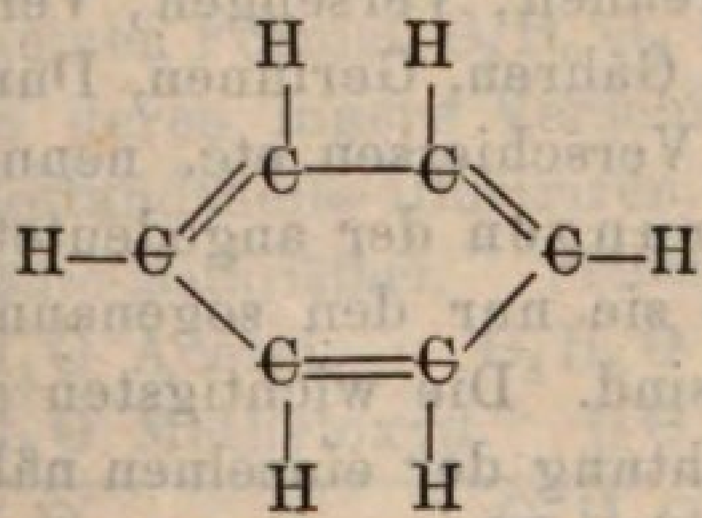
$\overset{\text{IV}}{\text{Ꞓ}}\overset{\text{II}}{\Theta}_2$; 3) mit einem 2- und zwei 1werthigen Atomen, z. B. $\overset{\text{IV}}{\text{Ꞓ}}\overset{\text{II}}{\Theta}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}_2$; 4) mit einem 3- und einem 1werthigen Atom, z. B. $\overset{\text{IV}}{\text{Ꞓ}}\overset{\text{III}}{\text{N}}\overset{\text{I}}{\text{H}}$. Ausser diesen gesättigten Verbindungen liefert er aber auch ungesättigte, so $\overset{\text{III}}{\text{ꞒH}}$, $\overset{\text{II}}{\text{ꞒH}_2}$, $\overset{\text{I}}{\text{ꞒH}_3}$, so $\overset{\text{II}}{\text{Ꞓ}\Theta}$ u. a. Keine organische Verbindung enthält weniger als 2 Aequivalente Kohlenstoff, C_2 oder $\text{Ꞓ} = 12$.

Die Atome des Kohlenstoffs haben eine besondere Neigung, sich unter einander zu verbinden, und diese Multipla, Ꞓ_2, Ꞓ_3, Ꞓ_4, Ꞓ_5 u. s. f., liefern, jedes für sich, selbstständige Verbindungen und Verbindungsreihen mit anderen Elementen. Da in der Regel 2 Affinitäten zum Zusammenhalten von 2 Atomen Kohlenstoff verwendet werden, so vermindern sich hierbei die freien Affinitäten und es kommen auf Ꞓ_2 oder Ꞓ=Ꞓ statt 8 nur 6, auf Ꞓ_3 oder Ꞓ=Ꞓ=Ꞓ statt 12 nur 8, auf Ꞓ_4 oder Ꞓ=Ꞓ=Ꞓ=Ꞓ statt 16 nur 10 derselben.

Durch diesen partiellen Ausgleich der Werthigkeit der einzelnen Kohlenstoffatome unter einander erhalten die Constitutionsformeln der organischen Verbindungen oft die Gestalt einer Kette oder eines Ringes. So kann man sich beispielsweise die 4 Atome des Kohlenstoffs in der Buttersäure = $\text{Ꞓ}_4\text{H}_8\Theta_2$ zu der nachstehenden Kettenform, und die 6 Atome Kohlenstoff des Benzols = $\text{Ꞓ}_6\text{H}_6$ zu der nachstehenden Ringform vereinigt vorstellen:



1 Molecül Buttersäure.



1 Molecül Benzol.

In Folge dieser Eigenthümlichkeiten der Kohlenstoffatome und ihrer Befähigung, sich mit Atomgruppen aus 2, 3, 4, 6, 8, 10 und mehr Atomen anderer Elemente zu vereinigen, haben die Molecüle der organischen Verbindungen eine weit zusammengesetztere Structur, als die der unorganischen Verbindungen. Während in einem Molecül Kochsalz 2 Atome (NaCl), in einem Molecül Wasser 3 Atome ($\text{H}_2\Theta$), in einem Molecül Salpeter 5 Atome ($\text{KN}\Theta_3$) enthalten sind, finden wir in den gleich grossen Mole-

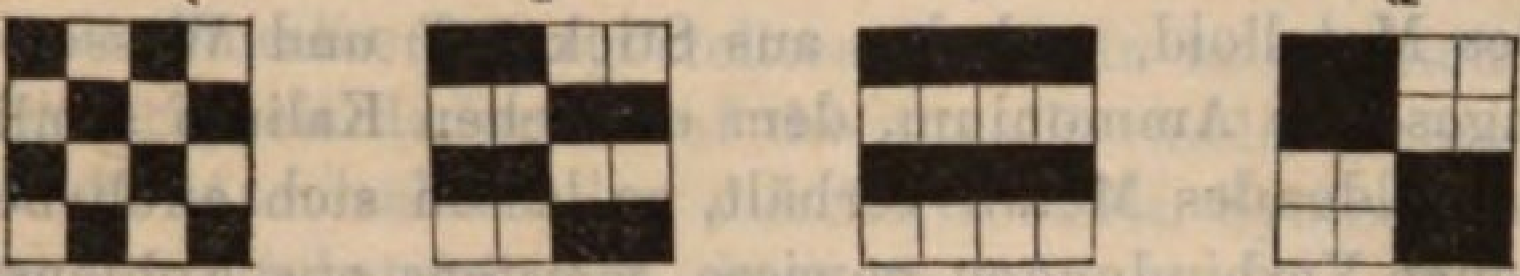
cülen der Essigsäure 8 Atome ($C_2H_4O_2$), des Traubenzuckers 24 Atome ($C_6H_{12}O_6$), des Chinins 48 Atome ($C_{20}H_{24}N_2O_2$), des Stearins 173 Atome ($C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3$ u. a. m.

552. Leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe. Die leichte Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe, deren schon oben gedacht wurde, erklärt sich nun aus diesen zusammengesetzten Atomverhältnissen auf eine einfache Weise. Es geht damit, wie mit einer zusammengesetzten Maschine. An einem Spinnrade haben wir 1 Rad, 1 Spindel und 1 Schnur; an einer Spinnmaschine dagegen Hunderte von Rädern, Spindeln und Schnüren, die zusammen zu einem Ganzen verbunden sind. Wie nun bei der complicirten Maschine viel leichter ein Rad abweichen, eine Spindel sich biegen, eine Schnur reissen und dadurch eine Störung im Gange der Maschine eintreten kann, als dies bei dem einfachen Spinnrade möglich ist, so sind auch die complicirten organischen Körper viel eher Störungen und Veränderungen ausgesetzt, als die einfacheren unorganischen. Denn geht bei den ersteren von den vielen Atomen nur eines weg, ja verändert es nur seinen Platz, oder tritt irgend ein Atom desselben, oder eines anderen Elementes noch hinzu, so hört der Körper sogleich auf, das zu sein, was er war, und wird zu einem anderen, zu einem neuen, eigenthümlichen Körper. Was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennen, Anbrennen, Versengen, Verkohlen, Vermodern, Verfaulen, Verwesen, Gähren, Gerinnen, Dumpfig-, Schal- und Sauerwerden, Bleichen, Verschiessen etc. nennen, das sind alles chemische Veränderungen der angedeuteten Art, und es ist bekannt genug, dass sie nur den sogenannten organischen Stoffen eigenthümlich sind. Die wichtigsten dieser Veränderungen werden an die Betrachtung der einzelnen näheren Pflanzenbestandtheile, insbesondere der Pflanzenfaser, mit angereiht werden.

553. Isomere organische Verbindungen. In der ersten Abtheilung dieses Werkes ist schon bemerkt worden, dass man sich in den isomeren Verbindungen, d. h. in solchen, welche zwar eine gleiche Zusammensetzung, aber verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften besitzen, eine verschiedene Lagerung und Zusammenordnung der Atome zu denken habe, ähnlich wie bei einem Schachbrette, auf dem die schwarzen und

weissen Felder je 2 zu 2 oder 3 zu 3, oder 4 zu 4 u. s. f. an einander gereiht sind. So haben z. B. die beiden Kohlenwasser-

a b c d



stoffe Acetylen, C_2H_2, und Benzol, C_6H_6, in 100 Gewichtstheilen genau die gleichen Mengen Kohlenstoff und Wasserstoff, und ebenso Essigsäure, $C_2H_4O_2$, Milchsäure, $C_3H_6O_3$ und Traubenzucker, $C_6H_{12}O_6$ procentisch eine ganz gleiche Zusammensetzung; ihr sehr ungleiches Moleculargewicht, das beim Acetylen 26, beim Benzol aber 78, bei der Essigsäure 60, bei der Milchsäure aber 90 und beim Traubenzucker 180 beträgt, deutet schon auf die stattfindenden grossen Verschiedenheiten hin. Man nennt isomere Körper solcher Art polymere.

Isomere Verbindungen anderer Art haben zwar gleiches Moleculargewicht, sind aber in ihrer Constitution, d. h. im inneren Aufbau der Atomgruppen, aus denen sie bestehen, ungleich, worüber hauptsächlich die Metamorphosen oder Umwandlungen, welche man unter gleichen Bedingungen durch sehr verschiedene Mittel und auf sehr verschiedenen Wegen in ihnen hervorzurufen weiss, nähere und bestimmte Auskunft geben. Die folgenden drei nach der allgemeinen Formel $C_3H_6O_2$ zusammengesetzten Verbindungen mögen deren innere Verschiedenheiten durch Angabe ihrer näheren Bestandtheile illustriren.

Ameisensäure-Aethyläther.	Essigsäure-Methyläther.	Propionsäure.
CHO Formyl	C_2H_3O Acetyl	C_3H_5O Propyl
C_2H_5O Aethyloxyd	CH_3O Methyloxyd	HO Hydroxyl
$C_3H_6O_2$	$C_3H_6O_2$	$C_3H_6O_2$

Man nennt solche isomere Verbindungen mit gleichem Moleculargewicht aber verschiedener Gruppirung oder Bindungsweise ihrer Atome metamere.

Unter den unorganischen chemischen Verbindungen kommen isomere nur vereinzelt vor, unter den organischen chemischen Verbindungen dagegen sehr häufig und allgemein; sie tragen auch dazu bei, die Anzahl und Mannichfaltigkeit der Verbindungen auf dem letzteren Gebiete zu vermehren.

554. Organische Radicale und Typen. Wie in der unorganischen Chemie das aus Stickstoff und Kohlenstoff zusammengesetzte Cyan sich dem einfachen Chlor ähnlich, wie ein säurebildendes Metalloid, und das aus Stickstoff und Wasserstoff zusammengesetzte Ammonium, dem einfachen Kalium ähnlich, wie ein basenbildendes Metall verhält, so lassen sich auch bei vielen organischen Verbindungen gewisse, meistens aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehende Atomgruppen oder Atomkerne, z. B. die in voriger Nummer angeführten Gruppen $ƟH_3$ (Methyl), $Ɵ_2H_5$ (Aethyl) als zusammengesetzte Radicale ansehen; so bei den organischen Säuren, den Alkoholen u. a. m. In diesen Gruppen erscheinen gewisse Atome von Kohlenstoff und Wasserstoff u. a. wie ein chemisches Ganze, d. h. inniger mit einander verbunden, als die übrigen Bestandtheile des organischen Körpers, so zwar, dass sie sich, ähnlich wie ein Element, von einer Verbindung in die andere überführen lassen und auch eine bestimmte Werthigkeit besitzen (543). Bei dem Weingeist und der Essigsäure wird weiter von ihnen die Rede sein.

Die neuere organische Chemie bedient sich auch der typischen Anschauungsweise, um zu einem allgemeineren Ueberblick und einer einfachen Classification der hoch angeschwollenen Masse organischer Verbindungen zu gelangen, indem sie die letzteren nach ihrer Zusammensetzung, wie nach Aehnlichkeiten bei deren Bildung und Zersetzung, mit den einfacheren Verbindungen vergleicht, welche sie als schematische Musterbilder oder Typen ansieht und wegen deren auf Nr. 542 zu verweisen ist.

Bei der Bildung organischer Verbindungen denkt man sich nun den Vorgang so, dass hierbei der Wasserstoff der Typen theilweise oder ganz durch ein anderes Element oder durch ein organisches Radical ersetzt wird.

555. Chemische Symbole und Formeln. Da in der organischen Chemie die neuen Atomgewichte bereits allgemeinen Eingang gefunden haben, so ist es zweckmässig erschienen, in der zweiten Abtheilung dieses Werkes bei den wichtigeren Verbindungen auch der atomistischen Molecularformeln, in einzelnen Fällen auch der typischen mit Erwähnung zu thun. Dieselben geben sich schon durch die durchstrichenen Ɵ und Ɵ zu erkennen und ihre chemischen Zeichen oder Symbole beziehen

sich auf die Atomgewichte S. 492. Danach ist also $Ͼ = 12$ oder C_2, $\Theta = 16$ oder O_2, $H = 1$, $Ꞩ = 32$ oder S_2, $H_2\Theta = 18$ oder $2HO$ etc.

Die mit denselben dargestellten Formeln lassen sich sonach ohne Schwierigkeit dadurch auf die alten Formeln zurückführen, dass man die Atomzahlen der durchstrichenen Symbole verdoppelt, die undurchstrichenen dagegen unverändert lässt. Das Essigsäurehydrat z. B. hat

die neue empirische Formel:	die neue typische Formel:	die alte Formel:
$Ͼ_2H_4\Theta_2$	$\left.\begin{matrix}Ͼ_2H_3\Theta\\H\end{matrix}\right\}\Theta$	$C_4H_3O_3, HO$

Das Wasser erhält in den Fällen, wo es nicht der organischen Verbindung zugerechnet wird, die Bezeichnung $H_2\Theta$.

I. Pflanzenfaser oder Cellulose.

$C_{12}H_{10}O_{10}$ oder $Ͼ_6H_{10}\Theta_5$.

Keimen der Samen.

556. Keimen. In dem Samenkorne schlummert die Lebensthätigkeit; durch Feuchtigkeit und Wärme bringen wir sie zum Erwachen.

Keimen von Bohnen. *Versuch.* Man übergiesse einige Bohnen mit Wasser und lasse sie so lange an einem mässig warmen Orte stehen, bis die Keime hervorbrechen und die aufgeschwollenen Samen sich in zwei Hälften theilen. Betrachtet man sie jetzt genauer, so bemerkt man an der Spitze, wo der Keim erscheint, zwei zarte, weisse Blättchen; aus diesen entwickeln sich bei weiterem Wachsthume Stengel und Blätter, während der Keim sich zur Wurzel ausbildet. Die feste Masse, woraus diese jungen Organe bestehen, heisst Pflanzenfaser; sie hat die Form von mannichfach gestalteten, theils kugeligen, theils schlauchartig in die Länge gezogenen, an einander gereiheten, hohlen Blasen oder Zellen, die mit einer farblosen Flüssigkeit, dem Safte oder Vegetationswasser, angefüllt sind. Kann das

Fig. 163.



Licht auf die Bohnenpflanze einwirken, so erzeugt sich in dem Safte ein grüner Farbstoff, das Blattgrün; in den Wurzeln bildet sich dieser Stoff nicht, weil durch das Erdreich das Licht von ihnen abgehalten wird. Die beiden Hälften der Bohne (Samenlappen oder Kotyledonen) verschwinden allmälig bei der ferneren Entwickelung der Pflanze, sie dienen derselben als die erste Nahrung. Die meisten Pflanzen keimen mit zwei Samenlappen (Dikotyledonen).

Keimen von Gerste. *Versuch.* Gerstenkörner, auf gleiche Weise zum Keimen gebracht, treiben nur einen einzigen spitzigen Blattkeim, aus dem sich nach den Blättern der Halm entwickelt. Auf dieselbe Weise keimen alle unsere Grasarten und Zwiebeln (Monokotyledonen). Giesst man von der Gerste das Wasser ab, wenn die Samen aufgequollen und vollkommen durchweicht sind, und bringt sie dann, in einer Tasse über einander geschichtet, an einen kühlen Ort, so kann man durch jeweiliges Umwenden das Wachsen so verlangsamen und reguliren, dass nur die Wurzelkeime zum Vorschein kommen. Verhindert man jetzt das Weiterwachsen durch schnelles Trocknen der Körner auf einem warmen Ofen, so erhält man dadurch das Malz der Brauer. Die Wurzelkeime lassen sich nach dem Trocknen leicht abreiben; sie geben ein vortreffliches Futter- und Düngemittel und bestehen der Hauptsache nach aus Pflanzenfaser, reichlich durchdrungen mit stickstoffreichen Substanzen sowie mit Kali- und anderen Salzen, welche während des Keimprocesses aus der Gerste in die Wurzelkeime übergegangen sind.

Fig. 164.



Verschiedenheit, Darstellung und Eigenschaften der Pflanzenfaser.

557. Verschiedenheit. Alle Zellen und Gefässe der Vegetabilien bestehen aus Pflanzenfaser; aus diesem Grunde hat man ihr auch noch den Namen Cellulose (Zellensubstanz) beigelegt. Die Cellulose ist für die Pflanzen das, was Knochen, Fleisch und Haut zusammen für den Thierleib sind; sie bildet

die feste Masse aller Pflanzenorgane und giebt also der Pflanze ihre Form und ihren Halt; sie bildet zugleich die den Adern der Thiere vergleichbaren Höhlungen und Canäle der Pflanzen, in denen der Saft sich auf- und abbewegt. Sehr fein verzweigt, zart, weich und leicht verdaulich finden wir sie in den jungen Blättern, Blumen und Stengeln und in dem sogenannten Fleische der Früchte und Wurzeln, z. B. in den Aepfeln, Pflaumen, Rüben etc.; hart und schwerer verdaulich im reifen Stroh, im Holz (Holzfaser) und in den Schalen der Getreidearten (Kleie), steinartig erhärtet und unverdaulich in den Kernen der Pflaumen und Kirschen und in den Schalen der Nüsse; leicht porös und elastisch in dem Marke des Hollunders und in dem Korke; sehr langgestreckt und biegsam in dem Hanf, Flachs und der Baumwolle.

558. Darstellung. *Versuch.* Man übergiesse Malzkeime oder Sägespäne mit lauem Wasser und lasse sie einen Tag lang stehen, dann presse man das Flüssige durch ein Läppchen ab und bringe es zum Kochen: es wird eine schwache Trübung und nach längerer Ruhe ein lockerer Bodensatz entstehen (Pflanzeneiweiss). Die Flüssigkeit enthält noch mancherlei andere Substanzen (Schleim, Gummi, Zucker, Gerbstoff, Salze etc.) aufgelöst, die durch Kochen nicht ausgefällt werden. Behandelt man die wieder getrockneten Keime oder Späne mit Weingeist, so löst dieser ebenfalls einige Substanzen (Harz etc.) auf; ebenso Aether (fettes Oel etc.), verdünnte Säure (Stärke etc.), verdünnte Lauge (unlösliche Proteïnstoffe etc.) u. a. m. Um sich reine Cellulose aus Pflanzen darzustellen, muss man dieselben hiernach mit verschiedenen Lösungsmitteln behandeln, um auf diese Weise alle Safttheile aus ihnen zu entfernen.

Bei der Untersuchung der Futtermittel ist man übereingekommen, die nach successiver Aufkochung derselben mit sehr verdünnter Schwefelsäure und sehr verdünnter Kalilösung verbleibende Cellulose als „Rohfaser" in Rechnung zu bringen. Bei der Bereitung des Flachses gelangt man durch die Röstungs- und Bleichoperationen zu gleichem Ziele. (Holzcellulose 561.)

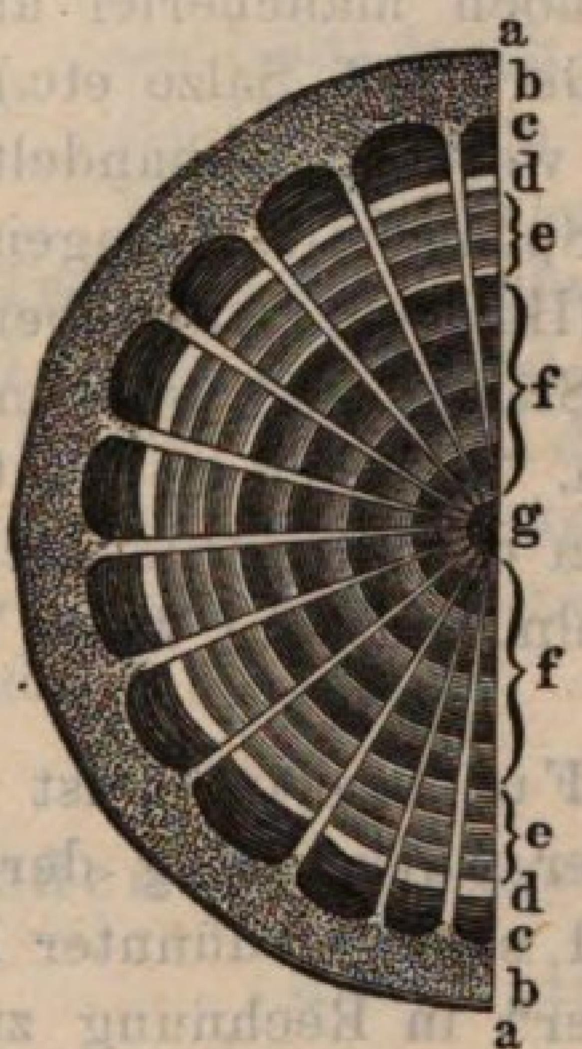
559. Eigenschaften. Die Cellulose ist, wie aus ihrer Darstellungsart hervorgeht, unlöslich in Wasser, Weingeist, Aether und verdünnten Säuren und Alkalien. Starke Säuren und

Alkalien verändern und zersetzen sie wie die anderen organischen Substanzen. Man kennt nur ein Lösungsmittel derselben, die blaue Flüssigkeit, welche entsteht, wenn man Kupferoxydhydrat in Salmiakgeist auflöst; aus dieser Lösung wird sie durch Säuren, Alkalisalze, Gummi und Zucker als ein amorphes weisses Pulver wieder niedergeschlagen, das durch Jod braun oder violett, durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau gefärbt wird. Auf die letztere Weise erkennt man die Cellulose der Pflanzen bei mikroskopischen Untersuchungen; betupft man das Object erst mit Schwefelsäure und nachher mit Jodtinctur, so färben sich die aus Cellulose bestehenden Pflanzentheile schön blau (Stärke wird durch Jodtinctur allein blau).

Holzfaser und Holzbast.

560. Holzfaser. An dem durch die folgende Figur verdeutlichten *Durchschnitte eines Baumstammes* kann man recht deutlich sehen, welchen Einfluss das Alter auf die Pflanzenfaser ausübt und wie verschiedenartig diese in einem und dem-

Fig. 165.



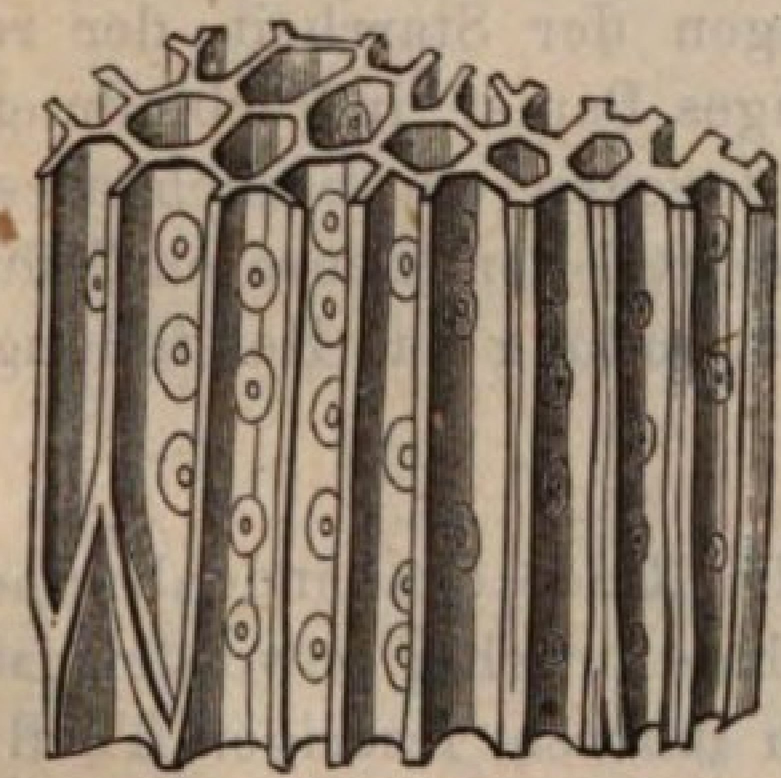
a Epidermis.
b Kork.
c Bast.
d Cambium oder Bildungsschicht.
e Splint } Holzkörper.
f Kern }
g Mark und Markstrahlen.

selben Baume vorkommt. Epidermis und Korksubstanz bilden die *äussere* Rinde oder Borke, die langgestreckten *Bastzellen*, mit Zellgewebe verbunden, die *innere*, welche, mit dem Cambium, insbesondere die Ernährung und das Wachsthum des Baumes durch Zuführung von sogenanntem Nahrungssaft vermittelt.

Daher geht ein Baum ein, wenn alle Bastfasern ringsum durchschnitten werden, während er, wie man an hohlen Bäumen sieht, noch fortleben kann, wenn er nur noch Bast und Rinde hat, mag auch die eigentliche Holzmasse verfault und verschwunden sein. Das dem Baste zunächst liegende, lockere und helle Holz wird Splint genannt, das innere, dichtere und festere aber Kernholz. Das letztere ist gewöhnlich dunkler gefärbt, oft auch mit Farbstoff durchzogen (Rothholz, Blauholz etc.), und erlangt seine Dichtigkeit dadurch, dass sich aus dem Safte der Zellen immer mehr feste Masse (Holzsubstanz, Lignin, incrustirende Substanz) auf die Zellenwände ablagert, wodurch die Zellenhöhle immer mehr verengert, ja endlich ganz ausgefüllt wird.

Von dem Cambium aus erzeugt sich bei den Holzpflanzen in jedem Sommer eine neue, dünne, Bast- und Rindenschicht und eine neue, dickere Holzschicht (Jahresringe), während zugleich ein Splintring in Kernholz übergeht. Die beistehende Figur zeigt die Structur des Fichtenholzes unter einem starken Vergrösserungsglase. Das zuerst, im Frühjahr oder Vorsommer, gleichzeitig mit der Blattentwickelung gebildete Holz besteht aus dünnwandigeren Zellen und hat desshalb eine lockerere Beschaffenheit als das dichtere, kernigere Holz, welches sich später, im Nachsommer, nach Beendigung des Blattwuchses erzeugt und aus dickwandigeren Zellen zusammengesetzt ist.

Fig. 166.



561. Holzcellulose. Wenn die Holzzellen von dem Lignin vollkommen befreit werden, so stellen sie eine Fasermasse von solcher Biegsamkeit, Länge und Feinheit dar, dass sie eine gleiche Verarbeitung zu Papier gestattet, wie die Fasermasse der leinenen Lumpen. Grosse Fabrikanlagen beschäftigen sich gegenwärtig mit der Gewinnung der Holzcellulose zu diesem Zwecke, indem sie das in Stücke zerschnittene Holz, namentlich jüngeres Nadelholz, welches

gut ausgetrocknet 50 bis 55 pCt. Cellulose enthält, in geschlossenen eisernen Dampfkesseln unter sehr hohem Druck mit ätzender Natronlauge so lange kochen, bis Lignin, Harz etc. in Lösung übergegangen sind; die zurückbleibende Cellulose wird dann gewaschen, gebleicht und auf die übliche Weise in Holländern, oder auch ohne solche, weiter verarbeitet. Die durch Bildung humusartiger Substanzen ganz schwarz gefärbte Natronlauge wird zur Wiedergewinnung des Alkalis eingedampft und durch Erhitzen in einem Calcinirofen von den organischen Stoffen befreit.

Auf ähnliche Weise stellt man sich auch die Strohcellulose aus Strohhäcksel von Weizen und Roggen, aus dem man zuvor die schwereren Gliederknoten entfernt hat, dar, welche sich ebenfalls als ein vortrefflicher Papierstoff erwiesen hat. Lufttrocknes Stroh enthält gegen 50 pCt. Cellulose.

Der in den sogenannten Schleifereien durch mechanisches Zerreissen und Zerreiben des frischen, nassen Holzes erzeugte breiartige Holzstoff liefert wegen der Starrheit der rohen, ligninhaltigen Holzfaser ein brüchiges Papier, in Verbindung mit Lein-, Holz- oder Strohcellulose dagegen ein brauchbares; in letzterer Art, als ein Verlängerungsmittel der theureren Cellulose, findet er jetzt die allgemeinste Verwendung zur Herstellung der gewöhnlicheren Papiersorten.

562. Holzbast. Legt man die Rinde des Lindenbaumes in Wasser, bis die äussere Rindenschale brüchig geworden ist, so kann man nach dem Trocknen den inneren, faserigen Theil der Rinde losschälen; er stellt dann den zum Anbinden der Pflanzen gebräuchlichen Lindenbast dar. Die aus der Epidermis und der Korksubstanz bestehende äussere Rinde (Borke) erfährt hierbei, nebst den reichlich vorhandenen Bastmarkstrahlen, eine raschere Zersetzung als das innere Bastgewebe und wird dadurch brüchig, so dass es sich von letzterem abreiben lässt.

An die ihrer langgestreckten Bastfasern wegen technisch wichtig gewordenen einheimischen Pflanzen Lein und Hanf sind noch einige indische Corchorusarten anzureihen, deren seidenartig glänzende Bastfaser unter dem Namen Jute in steigenden Mengen nach Europa gebracht und zur Fabrikation gröberer und feinerer Gewebe verwendet wird. Auch des Neuseelandflachses mag hier gedacht werden, der aus den Gefässbündeln

der Blätter einer lilienartigen Pflanze, *Phormium tenax*, besteht und sich durch grossen Glanz und grosse Festigkeit auszeichnet; wie des seiner Dauerhaftigkeit wegen besonders für die Schiffstaufabrikation werthvollen Manilahanfes, welcher die Gefässbündel der Blattscheiden von *Musa textilis* u. a. darstellt.

Die meisten Pflanzen enthalten in dem Baste und der Rinde, ausser anderen Stoffen, einen zusammenziehend schmeckenden, in Wasser löslichen Stoff, der unter dem Namen Gerbstoff oder Gerbsäure bekannt ist.

Gespinnstfasern (Flachs und Baumwolle).

563. Flachs- oder Leinenfaser. Diese bildet den Bast der Leinpflanze. Beim Rösten desselben geht die Rinde durch langanhaltende Einwirkung der Feuchtigkeit und der Luft in Verwesung (Thauröste) oder beim Liegen in Wasser (Wasserröste) in Fäulniss über und kann dann nach scharfem Trocknen durch Hin- und Herbiegen (Brechen) abgerieben werden; die Bastgefässe hingegen, welche nicht so schnell in Verwesung übergehen, bleiben übrig und geben, wenn man sie durch das sogenannte Hecheln möglichst von einander getrennt und zugleich parallel gelegt hat, den bekannten Flachs. Gleiches gilt von der Bereitung des Hanfes aus dem Bast der Hanfpflanze. Das beim Hecheln abfallende Werg besteht aus verworrenen Bastfasern. Unter dem Mikroskop betrachtet, erscheinen die langgestreckten Zellen der Flachsfaser als gerade Röhren mit so dicken Wänden, dass sie nicht einsinken oder platt werden, sondern eine egale, glatte (rundliche) Walzenform zeigen. Durch diese äussere Beschaffenheit lassen sich die Leinenfasern von den Fasern der Baumwolle sehr genau (564) unterscheiden. Bei dem zu Gespinnst oder Gewebe verarbeiteten Leinen bemerkt man ausserdem noch geborstene Stellen (*a*), sowie knotenförmige Anschwellungen oder Querstreifen (*b*) an den Fasern, welche diesen

Fig. 167.



ein gegliedertes Ansehen ertheilen; es sind dies Eindrücke, welche durch starken Druck oder durch Quetschung entstanden sind.

Bleichen der Pflanzenfaser. Der Flachs hat eine graue Farbe, weil er einen grauen Farbstoff enthält, der in Wasser und Lauge nicht auflöslich ist, wohl aber in Lauge auflöslich wird, wenn man den Flachs, oder das daraus gesponnene Garn, oder die aus diesem gewebte Leinwand, lange Zeit hindurch dem Einflusse des Lichts, des Wassers und der Luft aussetzt. Dies geschieht auf dem Bleichplane durch Ausbreiten auf Rasen (Rasenbleiche). Der hierdurch veränderte und löslich gewordene Farbstoff wird von Zeit zu Zeit durch Kochen mit Lauge (Bäuchen) entfernt. Ein schnelleres Bleichen erzielt man durch Mitanwendung von Chlor, welches wegen seiner sehr starken Verwandtschaft zum Wasserstoff allen organischen Körpern Wasserstoff entzieht, wodurch sie farblos und auflöslich werden (Chlorbleiche). Man könnte hierbei die Frage aufwerfen, woher es komme, dass bei diesen beiden Bleichprocessen nur der Farbstoff, nicht aber zugleich die Pflanzenfaser zersetzt werde? Dies kommt daher, weil der Farbstoff aus vier Elementen (CHON), die Pflanzenfaser aber nur aus drei Elementen (CHO) besteht; der zusammengesetztere (vierelementige) Stoff wird aber, nach 552., leichter und eher zersetzt werden, als der einfachere (dreielementige) Stoff. Wollte man die Leinwand, nachdem sie schon weiss geworden ist, auf die eine oder die andere Art noch länger bleichen, so würde nun auch die Pflanzenfaser zersetzt und mürbe werden; ein Fall, der oft zufällig eintritt, wenn Leinwand, Kattun oder Papier zu lange oder zu stark mit Chlor behandelt worden sind.

564. Baumwolle. Die Baumwolle besteht aus zarten hohlen Haaren, die sich an der Baumwollenpflanze in bedeutender Menge um den Samen herum bilden. Vergrössert stellen diese Haare oder Fasern der Baumwolle gleichmässige Röhren ohne Knoten und Querwände dar; entgegengesetzt wie bei der Leinfaser sind aber hier die Wände so dünn, dass sie zusammenfallen und sich zugleich drehen, wodurch die Röhre flach und unegal wird und ein gewundenes Ansehen erlangt. Die Baumwollfaser ist von Natur schon weiss (nur bei der Nankingbaumwolle gelb) und bedarf also keiner Bleiche. Wenn demungeachtet aber die

baumwollenen Garne und Zeuge doch gebleicht werden, so hat dies nur den Zweck, die beim Spinnen und Weben derselben hinzugekommenen fettigen, schweissigen und mehligen Körper (Schlichte etc.) wieder wegzuschaffen. Man bewirkt dies jetzt allgemein durch Kochen mit Natronlauge oder Kalkmilch und Einlegen in eine dünne Chlorkalkauflösung. Der hängengebliebene Kalk wird durch höchst verdünnte Säure (Sauerbad), die hängengebliebene Säure hinwiederum durch Spülen mit Wasser entfernt.

Fig. 168.



Wie wichtig die vorgenannten Arten von Pflanzenfaser wegen ihrer Benutzung zu Garnen, Geflechten und Geweben aller Art sind, ist bekannt genug; wir kleiden uns in Pflanzenfaser, wir schreiben und drucken darauf, wir erbauen daraus unsere Häuser etc.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Schwefelsäure.

565. Holz, Leinwand, Papier, in Schwefelsäure getaucht, werden v e r k o h l t und bei längerer Einwirkung ganz zerlegt (213), besonders schnell beim Erhitzen. Die Schwefelsäure entzieht der Cellulose Wasserstoff und Sauerstoff, welche sich zu Wasser verbinden und dann an die Schwefelsäure treten. Reibt man diese Substanzen dagegen ganz allmälig, ohne dass eine Erwärmung entsteht, mit englischer Schwefelsäure zusammen, so gehen sie ohne Schwärzung in eine kleisterähnliche Masse über, aus welcher sich bei rascher Vermischung mit Wasser ein amorpher, weisser Körper, A m y l o ï d, niederschlägt. Lässt man die Masse länger stehen, so wird sie in Wasser löslich, weil die Cellulose in D e x t r i n g u m m i (603) übergegangen ist. Kocht man diese Lösung mehrere Stunden, so gehen Dextrin und Cellulose in T r a u b e n z u c k e r über (604).

Leinwandprobe. *Versuch.* Man tauche ein Läppchen halbbaumwollener Leinwand, je nach ihrer Feinheit $1/2$ bis 2 Minuten zur Hälfte in englische Schwefelsäure und spüle sie dann in Wasser: die Baumwollcellulose erfährt die angegebene Aufquellung und Auflösung weit schneller als die Leinencellulose, bei richtig getroffenem Zeitpunkte werden die baumwollenen Fäden des Gewebes entfernt und nur noch die Leinenfäden des letzteren übrig sein.

Pergamentpapier. *Versuch.* Man vermische 8 Theile englische Schwefelsäure mit 1 Thl. Wasser und tauche in die Mischung, nachdem sie wieder kalt geworden, ungeleimtes Papier, doch nur einige Secunden, und wasche es sogleich mit Wasser aus, dem man etwas Salmiakgeist zugesetzt hat: die Cellulose wird hierdurch oberflächlich in Amyloïd verwandelt und das Papier erscheint nun nach dem Trocknen pergamentähnlich, wasserdicht und sehr zähe (Pergamentpapier), so dass es sich zu luftdichter Verschliessung von Gefässen verwenden lässt. In Wasser quillt es auf und wird schlüpfrig; in diesem Zustande ist es als feuchte Membran zu endosmotischen oder dialytischen Versuchen sehr geeignet (535).

Veränderung der Pflanzenfaser durch Salpetersäure.

566. Holz, in Salpetersäure getaucht, wird gelb gefärbt und bei längerer Einwirkung ganz zerlegt; die Salpetersäure wirkt oxydirend auf die Holzbestandtheile, indem sie Sauerstoff an sie abgiebt. Bei längerem Kochen mit Salpetersäure wird endlich aller Kohlenstoff des Holzes oder der Cellulose zu Kohlensäure und aller Wasserstoff zu Wasser oxydirt; man kann diesen Vorgang als eine Verbrennung auf nassem Wege ansehen. Ganz anders wirkt diese Säure in höchst concentrirtem Zustande, wie der folgende Versuch lehrt.

567. Nitrocellulose oder Schiessbaumwolle. *Versuch.* Man vermische 20 Grm. von der stärksten Salpetersäure (specif. Gew. = 1,5) mit 40 Grm. englischer Schwefelsäure, giesse das Gemisch in einen Porzellanmörser oder eine Obertasse und drücke so viel Baumwolle (Dochte, Watte, Druckpapier etc.) mit der Mörserpistille hinein, als davon durchweicht wird. Wenn

die Wolle fünf Minuten lang geweicht hat, so nimmt man sie mit einem Glasstabe heraus, wirft sie in ein Gefäss mit Wasser und wäscht sie so lange mit immer neuen Mengen von Wasser, bis sie darauf gedrücktes blaues Probirpapier nicht mehr röthet. Man presst nun die Wolle mit der Hand aus, breitet sie auf einen Papierbogen und trocknet sie an einem luftigen Orte. Das Trocknen auf einem Ofen ist gefährlich, da auf diesem leicht eine Entzündung eintreten kann.

Schlägt man die so bereitete Schiesswolle auf einer eisernen Unterlage stark mit einem Hammer, so knallt sie heftig; berührt man sie mit einem heissen Draht oder einem glimmenden Span, so verbrennt sie blitzschnell, ohne etwas zurückzulassen; in Gewehre geladen, wirkt sie wie Schiesspulver, ja ihre Wirkung ist noch 4- bis 5mal stärker als die des letzteren. Muss diese Wolle hiernach als ein höchst gefährlicher Körper angesehen werden, so ist es unerlässlich, bei derartigen Versuchen die grösste Vorsicht und nur ganz kleine Quantitäten Wolle auf einmal anzuwenden.

Die chemische Veränderung, welche die Baumwolle erfährt, wenn sie in das erwähnte Säuregemisch getaucht wird, besteht der Hauptsache nach darin, dass ein Theil des Wasserstoffs in der Cellulose (je nach der Bereitung 2 bis 5 Atome) durch Untersalpetersäure (NO_4 oder $N\Theta_2$) ersetzt wird; der ausgeschiedene Wasserstoff der Cellulose tritt mit dem ausgeschiedenen Sauerstoff der Salpetersäure zu Wasser zusammen. Das wie angegeben bereitete Präparat besteht vorherrschend aus Trinitrocellulose. Man nennt diese Art der Einwirkung eine Substitution. Die Schiesswolle enthält sonach viel mehr Sauerstoff als die gewöhnliche Baumwolle, und ausserdem noch Stickstoff in chemischer Verbindung; der erstere bewirkt die heftige Verbrennung, der letztere aber, sammt den durch die Verbrennung gebildeten Gasarten, die heftige Explosion. Die Schwefelsäure hilft nur indirect mit, indem sie das in der Salpetersäure enthaltene und das aus der Baumwolle ausscheidende Wasser an sich zieht und festhält. Aehnlich wie die Cellulose wird auch der Mannazucker und das Glycerin durch Salpetersäure in eine explodirende Verbindung verwandelt (Nitromannit und Nitroglycerin).

34*

568. Collodium. In Aether, dem man etwa $1/8$ starken Alkohol zugesetzt hat, löst sich die Trinitrocellulose nicht, wohl aber eine Nitrocellulose, welche man auf die Weise bereitet, dass man 1 Theil Baumwolle in ein noch warmes Gemisch aus 20 Theilen gestossenem Kalisalpeter und 31 Theilen englischer Schwefelsäure bringt, gut durcharbeitet und bedeckt 24 Stunden stehen lässt, worauf man sie mit grossen Mengen Wasser vollständig auswäscht. Dass hierbei die Schwefelsäure die Salpetersäure des Salpeters frei macht und diese nun auf die Cellulose wirkt, ist kaum nöthig zu bemerken. Die ätherische, klebrige Lösung dieses Präparats lässt beim Verdunsten des Aethers das Gelöste als eine feine, feste, biegsame und für Wasser undurchdringliche Haut zurück. Man benutzt dieselbe unter dem Namen Collodium anstatt des Heftpflasters, zur Bereitung kleiner Luftballons, in der Photographie u. a. m.

Man nannte solche Verbindungen, in denen ein indifferenter organischer Körper sich mit starken Säuren unter Neutralisation vereinigt, als ob er eine Basis wäre, oder aber mit starken Basen, als ob er eine Säure wäre, früher gepaarte Verbindungen und den betreffenden organischen Körper den Paarling.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Alkalien.

569. Wird Cellulose mit Kalihydrat ohne Luftzutritt erhitzt, so verwandelt sie sich ohne Schwärzung in Producte der mannichfachsten Art, nämlich in Wasserstoff, Methylalkohol (Holzgeist), Oxalsäure, Kohlensäure, Ameisensäure, Essigsäure und Propionsäure, welche letzteren mit dem Kali verbunden zurückbleiben. Nimmt man das Erhitzen stärker und bei Luftzutritt vor, so erzeugen sich dunkelbraune, den Humussubstanzen ähnliche Verbindungen aus der Cellulose. Derselben Zersetzung unterliegen auch Stärke, Gummi, Rohrzucker und Krümelzucker bei gleicher Behandlung.

Wie alkalische Stoffe auch bei gewöhnlicher Temperatur auf die Pflanzenfaser wirken, kann man leicht wahrnehmen, wenn man ein Stück gebrannten Kalk in Papier einwickelt und einige Wochen darin liegen lässt, das Papier wird nach dieser Zeit ganz mürbe geworden sein. Die Landwirthe und Gärtner kennen

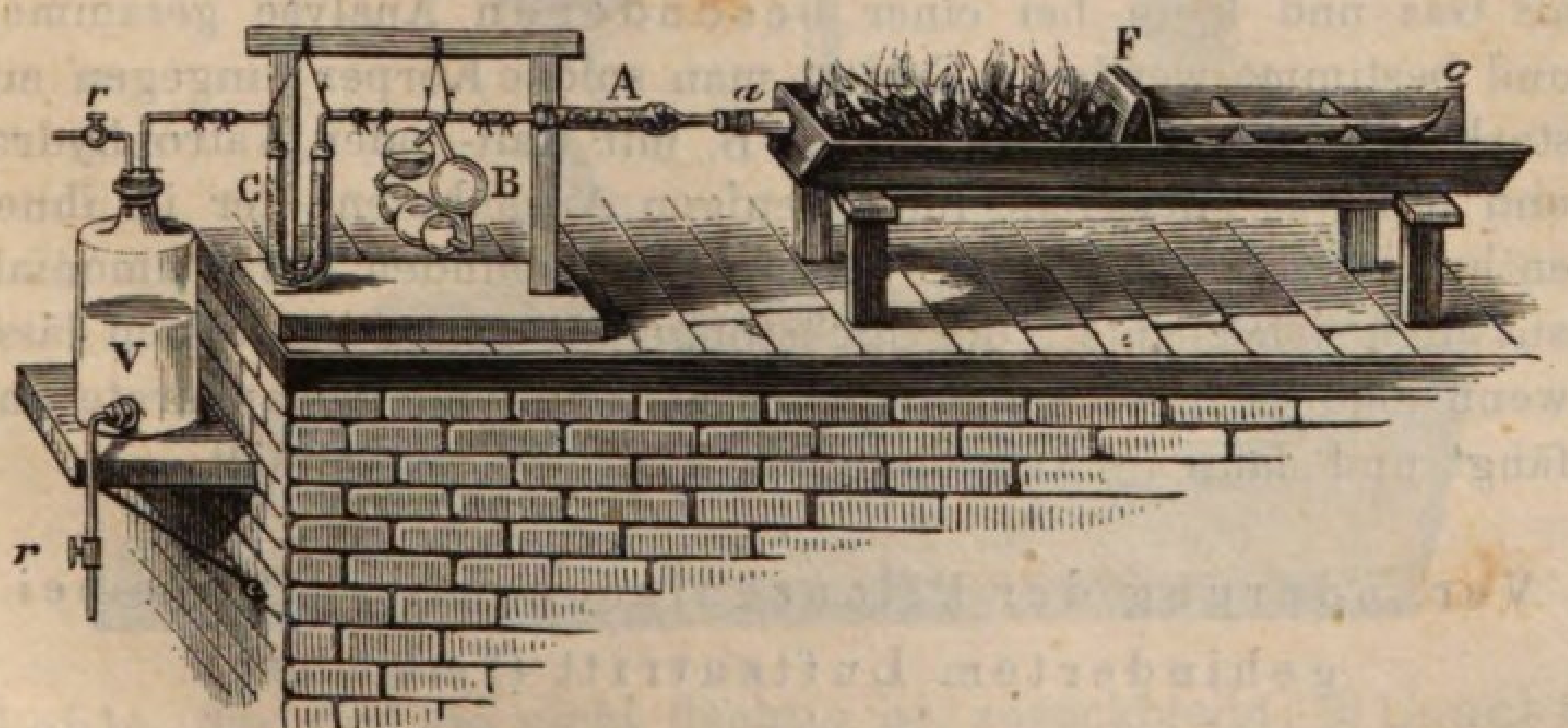
diese Wirkung gar wohl, darum mengen sie Quecken und anderes Unkraut mit Kalk oder Asche, um ein schnelleres Verrotten oder Verwesen derselben zu bewirken.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei freiem Luftzutritt (Verbrennung).

570. Verbrennung und Elementaranalyse. Dass Holz etc., an der Luft erhitzt, verbrennt, d. h. in Kohlensäure und Wasser zersetzt wird, davon ist schon früher ausführlich die Rede gewesen. Alle Pflanzenstoffe lassen sich auf gleiche Weise durch den Sauerstoff der Luft verbrennen. Sind in denselben unorganische Stoffe (Salze und Erden) zugegen, so bleiben diese, weil sie nicht flüchtig sind, als Asche zurück.

Statt durch den Sauerstoff der Luft, kann man die Pflanzenstoffe (desgleichen die Thierstoffe) auch durch den Sauerstoff anderer Körper, die man damit zusammenmischt, z. B. des Kupferoxyds, des chromsauren und chlorsauren Kalis, oder direct durch reines Sauerstoffgas verbrennen. Nimmt man eine solche Verbrennung in einer Röhre von schwer schmelzbarem Glase *ac* vor, welche mit dem Chlorcalciumrohre *A* und dem Kali- oder

Fig. 169.



Kugelapparate *B* verbunden ist, so wird das bei der Verbrennung gebildete Wasser durch das Chlorcalcium des ersteren, die erzeugte Kohlensäure aber durch die Kalilösung des letz-

teren zurückgehalten und man kann nun aus der Gewichtszunahme dieser beiden Gefässe das Gewicht des Wasserstoffs und Kohlenstoffs berechnen, welche der verbrannte Körper enthielt. Was an dem Gewichte des in Untersuchung genommenen Körpers noch fehlt, ist die Menge von Sauerstoff, die er enthielt. Das in der obigen Figur angegebene Uförmige Trocknungsrohr *C* dient zur Fixirung der etwa aus *B* entweichenden Dämpfe, die Aspiratorflasche *V* zur Nachsaugung der letzten Quantitäten von Wasserdampf und Kohlensäure aus der Verbrennungsröhre, und der Blechschirm *F* zur allmäligen Fortleitung des Feuers, welches man durch glühende Kohlen in dem als Ofen dienenden Blechkasten um die Verbrennungsröhre herum erzeugt. Die eigenthümliche Form des Kaliapparates bewirkt eine wiederholte und sehr innige Berührung der gasförmigen Verbrennungsproducte mit der Flüssigkeit, da diese sich von Kugel zu Kugel durch die Kalilösung hindurchdrängen müssen. Auf die angegebene Weise ist man im Stande, die in einem organischen Körper enthaltenen drei Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, mit grosser Genauigkeit zu bestimmen, man nennt eine derartige Untersuchung deshalb eine Elementar-Analyse.

571. Stickstoffbestimmung. Enthält ein organischer Körper ausser den drei genannten Elementen auch noch Stickstoff, so entweicht derselbe bei der Verbrennung unverbunden als Gas und kann bei einer besonderen Analyse gesammelt und bestimmt werden. Erhitzt man solche Körper hingegen mit starken wasserhaltigen Basen, z. B. mit Kali- oder Natronhydrat und Kalk, so entweicht (mit wenigen Ausnahmen) der in ihnen enthaltene Stickstoff mit Wasserstoff verbunden als Ammoniak, aus dem sich ebenfalls der Stickstoffgehalt genau berechnen lässt, wenn man es in einem mit Säure angefüllten Kugelapparate auffängt und dann in Ammoniumplatinchlorid verwandelt.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Hitze bei gehindertem Luftzutritt (Verkohlung).

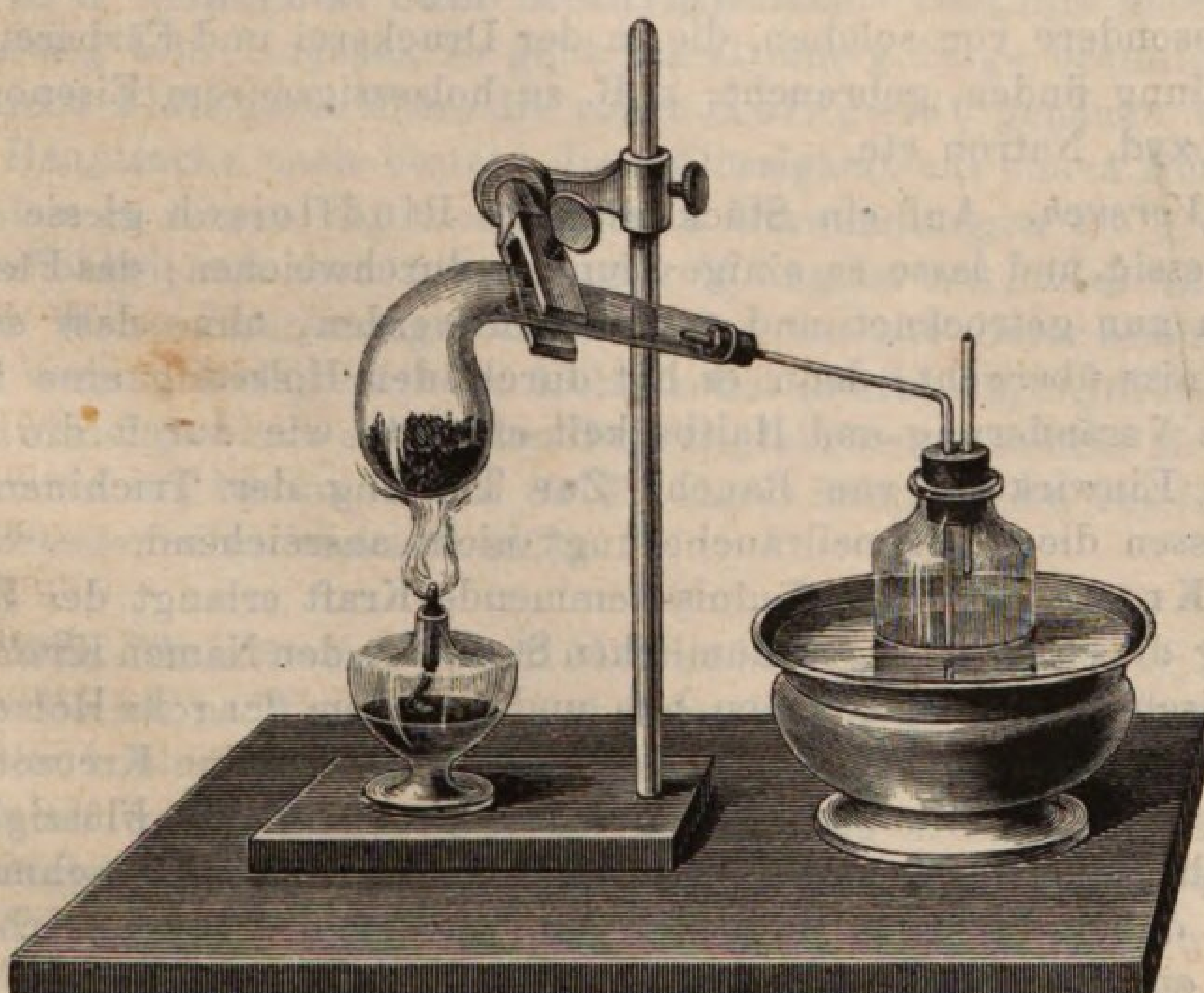
Unvollständige Verbrennung des Holzes.

572. Wird Holz bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt, wie dies z. B. in den meisten unserer Oefen der Fall ist, so bleibt

ein Theil Kohlenstoff unverbrannt und setzt sich aus den Luftarten, welche die Flamme bilden, als Russ ab. Ebenso nimmt hierbei ein Theil des verbrennenden Kohlenstoffs nur halb so viel Sauerstoff auf, als bei reichlich vorhandener Luft, und es bildet sich ausser Kohlensäure auch Kohlenoxydgas (Kohlendunst). Dass ausser diesen Verbindungen sich auch noch andere eigenthümliche Substanzen bilden, zeigt schon der auffallende Geruch des Rauches und der in den Schornsteinen sich absetzende saure und harzige Glanzruss. Viel deutlicher lassen sich diese Zersetzungsproducte der Pflanzenfaser wahrnehmen, wenn man das Holz bei ganz abgeschlossener Luft erhitzt.

Versuch. Man unterwerfe Holz, wie es 131 beschrieben worden, der trocknen Destillation; man erhält dabei viererlei durch ihr Aeusseres leicht zu unterscheidende Producte: 1) Holz-

Fig. 170.



kohle, die, weil sie nicht flüchtig ist, zurückbleibt; 2) Leuchtgas, ein Gemenge von Kohlenwasserstoffgasen, Kohlensäure und Kohlenoxydgas, welches man unter dem Namen Holzgas jetzt, wie das Steinkohlengas, zur Beleuchtung benutzt, nachdem man

es zur Erhöhung seiner Leuchtkraft durch eine glühende Röhre getrieben und durch Kalk von der Kohlensäure befreit hat; 3) Holzessig, eine wässrige, saure Flüssigkeit; 4) Holztheer, eine dicke, braune, harzige Flüssigkeit. Die beiden ersten Körper wurden früher schon besprochen, es sind daher nur noch die beiden letzteren etwas näher zu betrachten.

573. Holzessig und Kreosot. Aus 1 Pfund trocknen Buchenholzes erhält man ziemlich $\frac{1}{2}$ Pfund Holzessig. In rohem Zustande hat dieser eine braunschwarze Farbe, welche von aufgelöstem Theer herrührt, einen brenzlichen Geruch und einen sehr sauren, unangenehm-brenzlichen Geschmack. Seine Hauptbestandtheile sind Essigsäure und Wasser; ausserdem enthält er Kreosot, Holzgeist, Aceton und mehre andere eigenthümliche Stoffe. Wegen seines Essigsäuregehalts und seiner Billigkeit wird er vielfach zur Darstellung von essigsauren Salzen, insbesondere von solchen, die in der Druckerei und Färberei Anwendung finden, gebraucht, z. B. zu holzessigsaurem Eisenoxyd, Bleioxyd, Natron etc.

Versuch. Auf ein Stück mageres Rindfleisch giesse man Holzessig und lasse es einige Stunden durchweichen; das Fleisch kann nun getrocknet und aufgehoben werden, ohne dass es in Fäulniss übergeht, denn es hat durch den Holzessig eine ähnliche Veränderung und Haltbarkeit erlangt, wie durch die längere Einwirkung von Rauch. Zur Tödtung der Trichinen ist indessen diese „Schnellräucherung“ nicht ausreichend.

Kreosot. Diese fäulnisshemmende Kraft erlangt der Holzessig durch einen eigenthümlichen Stoff, der den Namen Kreosot (Fleischerhalter) bekommen hat, und von dem der rohe Holzessig ungefähr 2 bis 3 Proc. aufgelöst enthält. Das reine Kreosot ist eine farblose, allmälig sich bräunende, ölähnliche Flüssigkeit, welche sehr stark nach Rauch riecht, sehr brennend schmeckt und dabei die zarte Haut der Zunge oder der Lippe zerbeizt, und eingenommen höchst giftig wirkt. Das Holztheerkreosot ist ein Gemenge von Guajacol ($\mathrm{C_7H_8O_2}$) mit dem homologen Kresol ($\mathrm{C_8H_{10}O_2}$). Statt seiner kommt jetzt fast immer Phenol oder Steinkohlenkreosot (580) im Handel vor. Man wendet dasselbe häufig, in der Regel mit Nelkenöl versetzt, gegen Zahnweh an, muss es aber in diesem Falle noch mit etwas Weingeist, in dem

es sich leicht löst, verdünnen, weil es ausserdem zu ätzend wirkt. 5 Grm. Wasser lösen etwa 1 Tropfen Kreosot auf; diese Auflösung (Kreosotwasser oder Aqua Binelli), die auf Fleisch ebenso wirkt wie Holzessig, wird als blutstillendes Mittel angewendet. Der Rauch, der sich bei der nie ganz vollständigen Verbrennung von Holz oder Steinkohlen in unseren Oefen bildet, enthält immer etwas Kreosotdampf, und diesem verdankt er seinen eigenthümlichen Geruch und die Eigenschaft, die Augen zu Thränen zu reizen. Alles, was die vollständige Verbrennung hindert, z. B. mangelnder Luftzug, nasses Brennmaterial, muss demnach die Kreosotbildung vermehren und den Rauch beissender machen. Zum Räuchern von Fleisch ist dieser Rauch gerade der wirksamste, daher erzeugt man ihn zu diesem Behufe absichtlich durch Feuer von grünem Reissigholze oder durch Hemmung des Luftzuges.

574. Holzgeist oder Methylalkohol. Destillirt man den Holzessig sehr langsam, so geht zuerst eine geistige, branntweinähnliche Flüssigkeit über, die roher Holzgeist genannt wird. Der Hauptsache nach besteht diese Flüssigkeit aus einem Körper, welcher in seinen Eigenschaften und Umwandlungen die grösste Aehnlichkeit mit dem Alkohol oder Weingeist hat, aber in anderer Weise zusammengesetzt ist. Man hat sie, dieser Aehnlichkeit wegen, Holzgeist oder Holzalkohol (Methyloxydhydrat) genannt und gewinnt sie in den Holzessigfabriken in solcher Menge, dass man sie, bis zu 70° bis 80° Tr. durch Rectification verstärkt, als Brennspiritus verkauft (683).

575. Holztheer. Der Holztheer ist harziger Natur, d. h. nicht löslich in Wasser, wohl aber in Weingeist; ausserdem ist er sehr kohlenreich, wie schon aus seiner schwarzen Farbe geschlossen werden kann. Bei der Destillation trennt er sich in ein flüchtiges Oel (Holztheeröl), aus dem sich verschiedene flüssige Kohlenwasserstoffe abscheiden lassen, von denen einer unter dem Namen Pinaffin als Brennöl benutzt wurde, und in ein nichtflüchtiges, schwarzes Brandharz oder Pech. Dieselbe Trennung erfolgt auch, nur langsamer, wenn man Holz mit Theer anstreicht; das in den Poren des Holzes erhärtende Harz verhindert dann das Eindringen des Wassers, und hierdurch, wie durch das auch im Holztheer enthaltene Kreosot, wird die Zer-

setzung des Holzes durch die Fäulniss verhindert (Theeren und Kalfatern der Schiffe etc.). Wird das Holztheeröl stark abgekühlt, so setzt sich aus ihm ein krystallinischer, wachsähnlicher Körper, Paraffin genannt, ab, der gereinigt eine blendendweisse, durchscheinende, perlmutterglänzende, zwischen 45⁰ und 65⁰ schmelzende Masse darstellt, die man zur Kerzenfabrikation verwendet, seitdem man sie durch trockne Destillation gewisser Braunkohlen- und Torfsorten in grösseren Mengen gewinnt. Das Paraffin besteht aus einem Gemenge verschiedener, mit dem Sumpfgase homologer fester Kohlenwasserstoffe.

Die trockne Destillation des Holzes zeigt auf eine recht in die Augen fallende Weise, wie ausserordentlich leicht und mannichfach die organischen Körper sich zersetzen und in ganz eigenthümliche neue Körper umwandeln lassen. Nur erhitzt braucht das Holz zu werden, um in eine Säure und einen branntweinähnlichen Körper, in öl-, wachs- und harzartige Stoffe, in Leuchtgas und Kohle zu zerfallen. Und hiermit ist die Zersetzung keineswegs geschlossen. Ausser den hier genannten Körpern sind noch viele andere aufgefunden worden, die gleichzeitig mit erzeugt werden, und jeder dieser Körper lässt sich wieder durch Erhitzung, durch Behandlung mit Säuren, Basen, Chlor u. s. w. in zahllose andere umwandeln. In dieser Region steht den chemischen Forschungen ein Feld offen, das gar keine Grenzen hat, ein Feld, das um so unabsehbarer sein muss, als alle Pflanzenstoffe, bei Abschluss von Sauerstoff erhitzt, verkohlt und in brenzliche Producte, die aber bei verschiedenen Körpern wieder verschieden sind, zerlegt werden, wie man dieses bei der trocknen Destillation des Tabacks in den Tabackspfeifen, der Steinkohlen, Braunkohlen etc. recht deutlich sehen kann.

Unvollständige Verbrennung der Steinkohlen.

576. Steinkohlentheer. Steinkohlen sind aus Pflanzen der Vorzeit entstanden, die bei einer Erdrevolution zusammengeschwemmt und tief unter Schlamm und Erde begraben wurden. Erhitzt man Steinkohlen beim Abschluss der Luft, so erhält man, ähnlich wie aus Holz: 1) Kohle (Coaks), 2) brennbare Gase (Leuchtgas), 3) eine wässerige, brenzliche Flüssigkeit (Theerwasser), und

4) eine harzige, schwarze, dicke Flüssigkeit (Steinkohlentheer). Das aus Steinkohlen erhaltene Theerwasser enthält, weil die Steinkohlen weit stickstoffreicher sind als das Holz, nur eine Spur Essig, in grösserer Menge dagegen einen stickstoffhaltigen basischen Körper, das bekannte Ammoniak, mit Kohlensäure verbunden; man kann es daher als Düngemittel oder zur Salmiakbereitung verwenden.

Der Steinkohlentheer, welcher jetzt sehr allgemein zum Anstreichen von Holz, Eisen und Lehmdächern (Dorn'sche Dächer; besser sind jedoch die mit Theer gekochten Dachpappen) gebraucht wird, um sie gegen Feuchtigkeit zu schützen, kann zwar, wie der Holztheer, durch Destillation ebenfalls in einen flüchtigen Theil (Steinkohlentheeröl) und in einen pechartigen, nichtflüchtigen Theil (künstlicher Asphalt) getrennt werden; die darin enthaltenen besonderen Stoffe sind aber zum Theil ganz anderer Art, wie die des ersteren. Durch wiederholte Destillation und gesonderte Auffangung des zuerst und zuletzt übergehenden Destillates (fractionirte Destillation) lässt sich das Steinkohlentheeröl in leichtes, auf dem Wasser schwimmendes, und in schweres, in Wasser untersinkendes Oel trennen. Durch weiter fortgesetzte fractionirte Destillationen hat man aus dem leichten Oele folgende flüssige Kohlenwasserstoffe abgeschieden:

Benzol . . .	$= C_{12}H_6$ (Θ_6H_6)	siedet bei	82⁰
Toluol . . .	$= C_{14}H_8$ (Θ_7H_8)	„ „	111⁰
Xylol	$= C_{16}H_{10}$ (Θ_8H_{10})	„ „	139⁰
Pseudocumol	$= C_{18}H_{12}$ (Θ_9H_{12})	„ „	168⁰

Diese Verbindungen bilden eine sogenannte homologe Reihe (690), deren Glieder vom Benzol an immer um C_2H_2 oder ΘH_2 steigen, womit auch eine regelmässige Steigerung des Siedepunktes eintritt, welche für einen Mehrgehalt von ΘH_2 28 bis 29⁰ C. beträgt. Das schwere Oel enthält, ausser einigen festen weissen oder farblosen, krystallinischen Kohlenwasserstoffen, als:

Naphtalin . . .	$= \Theta_{10}H_8$	schmilzt bei	79⁰	siedet bei	218⁰
Fluoren . . .	$= \Theta_{13}H_{10}$	„ „	166⁰	„ „	305⁰
Anthracen . .	$= \Theta_{14}H_{10}$	„ „	213⁰	„	über 360⁰
Phenanthren .	$= \Theta_{14}H_{10}$	„ „	100⁰	„ „	340⁰

hauptsächlich zwei alkoholähnliche (stickstofffreie) Körper, Phenol und Kresol, nebst kleineren Mengen von basischen stickstoff-

haltigen Körpern, als: Anilin, Picolin, Leucolin etc. Besondere technische Bedeutung haben Benzol, Anilin, Anthracen und Phenol erlangt.

577. Benzol oder Benzin, Θ_6H_6. Constitution desselben s. S. 517. Ihren Namen erhielt diese farblose, nicht unangenehm riechende, schon bei 80⁰ siedende und bei 0⁰ erstarrende Flüssigkeit, weil man sie zuerst aus der Benzoesäure erhielt, als man diese mit Kalk destillirte. Sie löst Fette und Harze leicht auf und ist daher statt des Terpentinöls zum Fleckausmachen, wie statt des Aethers zur Bestimmung des Fettes in der Schafwolle, in der Butter u. a. fetthaltigen Stoffen sehr geeignet. Durch rauchende Salpetersäure verwandelt sich das Benzol in Nitrobenzol, $\Theta_6H_5(N\Theta_2)$, indem 1 At. Wasserstoff durch 1 At. Untersalpetersäure ersetzt wird; dasselbe stellt eine öläbnliche, gelbliche Flüssigkeit von süssem Geschmack und bittermandelähnlichem Geruch dar, die unter dem Namen „künstliches Bittermandelöl" zu Parfümerieartikeln und dergleichen Verwendung findet.

578. Anilin, Phenylamin oder Amidobenzol, Θ_6H_7N oder $\Theta_6H_5(NH_2)$, wird aus dem schweren Theeröl durch Salzsäure ausgezogen oder aber aus dem Nitrobenzol dargestellt, indem man dasselbe mit reducirenden Substanzen, wie Zink und Salzsäure, Eisenfeile und Essigsäure oder Schwefelwasserstoff und Ammoniak behandelt. Im ersteren Falle bewirkt der Wasserstoff *in statu nascendi* folgende Umwandlung:

$$\underset{\text{Nitrobenzol.}}{\Theta_6H_5(N\Theta_2)} + 6H = 2H_2\Theta + \underset{\text{Anilin.}}{\Theta_6H_7N \text{ oder } \Theta_6H_5(NH_2)}.$$

In letzterem Falle kann man die eintretende Veränderung so ansehen, als ob die Untersalpetersäure durch Amid ersetzt worden wäre. Das Anilin kann demnach als eine Verbindung von Phenyl, Θ_6H_5 mit Amid, NH_2, als Phenylamin, oder als Benzol, in welchem 1 At. H durch 1 At. Amid ersetzt wurde, als Amidobenzol, betrachtet werden. Dasselbe ist eine farblose, bei 185⁰ kochende, bei längerer Aufbewahrung sich bräunende Flüssigkeit, die sich wie eine starke Basis verhält und durch Chlorkalklösung purpurroth, durch chromsaures Kali und Schwefelsäure blau wird und mit Salzsäure befeuchtetes Fichtenholz gelb färbt.

Anilinfarben. Das käufliche Anilin ist ein Gemenge von Anilin und Toluidin, welches letztere aus dem Nitrotoluol auf dieselbe Weise erzeugt wird, wie das Anilin aus dem Nitrobenzol. Durch Behandlung mit Arsensäure, salpetersaurem Quecksilberoxyd und anderen oxydirend wirkenden Substanzen liefert dieses eine neue Basis, Rosanilin, $\text{Є}_{20}H_{19}N_3$, welche an sich zwar farblos ist, aber mit Säuren, namentlich mit Salzsäure und Essigsäure, metallisch glänzende, grüne Salze giebt, die sich in Weingeist mit prachtvoll rother Farbe auflösen (Anilinroth oder Fuchsin). Ersetzt man im Rosanilin 3 Wasserstoffatome durch Aethyl, so erhält man Triäthyl-Rosanilin, eine Basis, deren Salze sich mit blauvioletter Farbe auflösen (Anilinviolett). Aehnlich verhält sich Phenyl, Triphenyl-Rosanilin giebt mit Salzsäure ein Salz, das sich mit blauer Farbe löst (Anilinblau). Andere hierher gehörige Farben sind: Anilingrün, Anilinbraun, Anilingelb oder Chrysanilin, Anilinpurpur oder Mauveïn u. a.

579. Anthracen und Alizarin. Der feste, mit dem Phenanthren isomere Kohlenwasserstoff Anthracen, $\text{Є}_{14}H_{10}$, geht, wie sein hoher Kochpunkt (360°) lehrt, bei der Destillation des Steinkohlentheeres ganz zuletzt über und stellt, nachdem er durch Umkrystallisiren aus Alkohol gereinigt ist, farblose, seidenglänzende Schuppen und Tafeln mit schönblauer Fluorescenz dar. Derselbe hat wissenschaftlich und technich eine hohe Bedeutung erlangt, weil es gelungen ist, aus ihm den für die Türkischroth-Färberei so wichtigen rothen Farbstoff, welchen die Natur in den Krappwurzeln erzeugt, das Alizarin (774) künstlich nachzubilden. Das Authracen geht nämlich beim Kochen mit Salpetersäure in Oxyanthracen oder Anthrachinon, $\text{Є}_{14}H_8O_2$, über und dieses verwandelt sich unter successiver Einwirkung von Brom, Kali und einer Säure in höherer Temperatur in Alizarin (Dioxyanthrachinon) $= \text{Є}_{14}H_8\Theta_4$. Durch Erhitzen mit Zinkstaub kann man dasselbe wieder zu Anthracen reduciren.

580. Phenol, Phenylalkohol oder Carbolsäure, $\text{Є}_6H_6\Theta$, ist in kleiner Menge im Castoreum und bisweilen im Urin von pflanzenfressenden Thieren enthalten, in grösserer Menge in dem schweren Steinkohlentheeröl, aus welchem es durch Kalilauge ausgezogen und durch Salzsäure aus der Lösung abgeschieden

wird. Rein stellt es farblose Säulen dar, die an der Luft zu einer ölartigen, nach Rauch und Bibergeil riechenden Flüssigkeit zerfliessen; es ist giftig, in Wasser schwer, in Alkohol leicht löslich. In dieser Form führt es auch den Namen Steinkohlenkreosot, welches unvermerkt die Stelle des eigentlichen Kreosots (Holz- oder Buchenkreosot) eingenommen hat. Fast alles jetzt im Handel vorkommende Kreosot ist unreines, kresolhaltiges, röthlich gefärbtes Phenol. Dasselbe wirkt sehr fäulnisswidrig oder antiseptisch und stellt eins der kräftigsten Conservations- und Desinfectionsmittel organischer Stoffe dar. Von den mannichfachen Substitutionsproducten des Phenols ist das Trinitrophenol das bekannteste, worin 3 At. H durch 3 At. $N\Theta_2$ ersetzt sind. Es kommt im Handel in der Form gelber, sehr bitterer Krystallblättchen unter dem Namen Pikrinsäure vor und wird zum Gelbfärben von Wolle und Seide benutzt. Die Salze derselben explodiren beim Erhitzen mit grosser Heftigkeit und dienen zur Anfertigung von Sprenggeschossen. Das Kresol ist eine dem flüssigen Phenol fast ganz gleiche Verbindung.

Die neuere Chemie zählt das Benzol, Anilin, Phenol etc. zu der Gruppe der sogenannten aromatischen Verbindungen. Die dieser Gruppe angehörenden Körper zeichnen sich durch einen verhältnissmässig reichen Gehalt an Kohlenstoff aus, von welchem Elemente sie mindestens 6 Atome (Θ_6 oder C_{12}) enthalten.

Unvollständige Verbrennung von Torf, Braunkohle, Blätterschiefer etc.

581. Torf und Braunkohle geben bei der trocknen Destillation theils dieselben, theils sehr ähnliche Producte, wie Holz und Steinkohle. Aus dem Theer derselben erhält man durch fractionirte oder unterbrochene Destillation: a. Paraffin, b. leichte Oele (Photogen), c. schwere Oele (Solaröl), d. ganz schwere, dicke Oele (Schmieröle). Je reicher Torf und Braunkohle an Wasserstoff sind, desto mehr liefern sie Theer und desto mehr flüchtige Oele in dem Theer. Die Bogheadkohle in England, die Wachskohle von Weissenfels, der Leuchttorf von Oldenburg und gewisse bituminöse Schieferarten sind solche wasserstoffreiche Materialien, aus denen man jetzt fabrikmässig Photogen, Solaröl, Paraffin u. a. Kohlenwasserstoffe darstellt, welche

bekanntlich als Beleuchtungsmittel ganz allgemein in Gebrauch gekommen sind.

Petroleum, Bergtheer, Asphalt etc.

582. Eine ähnliche Zerlegung, wie sie die Steinkohlen bei der trocknen Destillation erfahren, muss wohl auch an manchen Orten im Innern der Erde, sei es durch vulcanische Hitze oder durch einen eigenthümlichen Fäulnissprocess, stattfinden; denn wir sehen, dass in vielen Ländern Körper entweder aus der Erde hervordringen oder in der Erde lagern, die sehr grosse Aehnlichkeit mit den Destillationsproducten der Steinkohlen haben. Von grösstem Interesse ist in dieser Beziehung die massenhafte Auffindung des unter dem Namen rohes Petroleum oder Steinöl bekannten Gemenges von gasförmigen und flüssigen, ja selbst festen Kohlenwasserstoffen in Nordamerika und vielen anderen Orten, aus dem man durch Rectification Petroleumäther zu medizinischen u. a. Zwecken, gereinigtes Petroleum zum Brennen und harzige Rückstände zur Leuchtgasbereitung gewinnt.

Der Petroleumäther (Ligroin) kocht schon bei 48^0 und entzündet sich sofort an einem flammenden Körper, mit Luft gemengt unter Explosion. Beim Durchblasen von Luft nimmt diese so viel Aetherdampf auf, dass sie beim Ausströmen aus einer engen Glasröhre wie Leuchtgas angezündet werden und zur Beleuchtung dienen kann. Weitere Verwendung findet der Petroleumäther als Lösungsmittel für Harze, Fette, Kautschuk etc.

Das zum Lampengebrauch bestimmte Petroleum darf keinen Petroleumäther, wie keine bei der Destillation unter 120^0 übergehenden flüchtigen Kohlenwasserstoffe überhaupt mehr enthalten, weil diese im Oelbehälter verdampfen und mit der darin vorhandenen Luft ein explosives Gemenge darstellen würden, dessen plötzliche Verbrennung beim Zurückschlagen der Flamme die schwersten Verletzungen durch Explosion und Feuer zur Folge haben kann. Das raffinirte Petroleum soll erst bei 145^0 bis 150^0 kochen und sich durch einen brennenden Holzspan erst nach einiger Zeit, nachdem die nächsten Oeltheile sich auf etwa 40^0 erwärmt haben, anzünden lassen. Gleiches gilt für Photogen und die anderen flüchtigeren sogenannten Mineralöle.

Die folgende Zusammenstellung mag noch zeigen, dass ausser dem Petroleum auch noch andere Naturkörper vorkommen, welche

mit den Producten der trocknen Destillation der Steinkohlen, dem Leuchtgase, dem Theer, Pech etc. übereinkommen.

Künstlich werden aus Steinkohlen erzeugt:		Natürlich werden in der Erde angetroffen:
a) Leuchtgas.	—	a) Brennbare Gase (heiliges Feuer der Parsen), strömen hier und da aus Felsenspalten.
b) Steinkohlentheeröl.	—	b) Steinöl, quillt in Persien, Nordamerika etc. aus der Erde hervor.
c) Steinkohlentheer.	—	c) Bergtheer, wird in manchen Erdschichten Persiens und Frankreichs etc. angetroffen.
d) Künstl. Asphalt (Steinkohlenpech).	—	d) Natürlicher Asphalt (Judenpech), findet sich im todten Meere und in anderen asiatischen Seen.
e) Ammoniakalisches Theerwasser.	—	e) Ammoniakhaltiges Wasser, strömt als Dampf, in Gemeinschaft mit Boraxsäure, bei Toscana aus der Erde.
f) Coak (C).	—	f) Anthracit (C), kommt, wie Steinkohle, in mächtigen Lagern in der Erde vor.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Verwesung (Humusbildung).

583. Verwesung der Pflanzenfaser. Lässt man Pflanzenfaser, z. B. Holz, Blätter, Stroh etc., an der Luft liegen, so saugen sie Feuchtigkeit ein und werden allmälig braun und mürbe: sie gehen in Verwesung über. Der chemische Process, der hierbei eintritt, hat sehr grosse Aehnlichkeit mit der Veränderung, welche das Holz beim Verbrennen erleidet, er geht nur ungleich langsamer von Statten; was bei der Verbrennung in Minuten geschieht, das bewirkt die Verwesung erst in Jahren. Bei der Verbrennung wird aus den Bestandtheilen des Holzes und dem Sauerstoff der Luft Kohlensäure und Wasser; dieselben Producte wer-

den auch bei der Verwesung des Holzes gebildet. Bei der Verbrennung oxydirt sich der Wasserstoff schneller als der Kohlenstoff; Gleiches geschieht auch bei der Verwesung. Aus dem zuletzt angegebenen Verhalten erklärt es sich leicht, warum das Holz, ebenso beim Verbrennen wie beim Verwesen, eine dunklere, erst braune, zuletzt schwarze Farbe annimmt; wenn verhältnissmässig mehr Wasserstoff fortgeht als Kohlenstoff, so muss nothwendiger Weise der Rückstand bei immer weiter fortschreitender Zersetzung kohlenreicher und damit in der Regel auch dunkelfarbiger werden.

584. Humus. Die braune oder schwarze Masse, in welche die Pflanzenstoffe, während sie verwesen, zerfallen, hat den Namen Humus erhalten. Wie Holz, welches nur theilweise verbrannt ist, noch weiter verbrennen kann, so zersetzt sich auch der Humus allmälig weiter, und in beiden Fällen behält man zuletzt, nach beendigter Verbrennung oder Verwesung, nur eine geringe Menge von nichtflüchtigen Salzen und Erden — die Asche — übrig, die das Holz während seines Wachsthums aus der Erde aufgenommen hatte. Denkt man sich, diese beiden Zersetzungsprocesse gehen in zwei Perioden vor sich, so entsteht:

bei der Verbrennung:		bei der Verwesung:	
aus dem Holze in der 1. Periode:	Wasser (viel), Kohlensäure, halbverbranntes Holz;	aus dem Holze in der 1. Periode:	Wasser (viel), Kohlensäure, Humus;
aus dem halbverbrannten Holze in der 2. Periode:	Wasser (wenig), Kohlensäure,	aus dem Humus in der 2. Periode.	Wasser (wenig), Kohlensäure,
übrig bleibt:	Asche.	zurückbleibt:	Asche.

Humus bedeutet so viel als verwesende organische Stoffe. In diesem Sinne ist der Name Humus schon seit langen Zeiten in der Land- und Forstwirthschaft bekannt und geehrt. Humusdecke wird die obere, schwarze oder braune Erdschicht genannt, die sich in den Wäldern durch Verwesung der abgefallenen Blätter gebildet hat; humusreich die dunkle, fette Ackererde, in der sich viele halbzersetzte organische Stoffe be-

finden; humusarm die dürre, helle Erde, in der sie fehlen. Der Landwirth weiss, dass, entgegengesetzt dem Waldboden, der Humus in seinen Feldern sich vermindert, wenn er diese nicht gehörig düngt oder zu oft Halmfrüchte nach einander darauf baut; er weiss, dass humusreiche Felder in der Regel fruchtbarer sind als humusarme; er sucht daher den durch die Vegetation verzehrten Humus durch Unterackern von Stroh und Thierexcrementen (Düngung), oder von grünen Pflanzen (Gründüngung), oder durch Abwechselung von Pflanzen, die viele Wurzeln in dem Boden zurücklassen (Brachfrüchte), mit solchen, die nur schwach bewurzelt sind (Getreide), in seinen Feldern wieder zu ersetzen. Auf einem Acker Land, welcher mit Klee bebaut war, bleiben mehre 1000 Pfund Wurzeln in der Erde zurück, auf einem mit Korn oder Weizen bebauten vielleicht nur $1/_4$ so viel: es ist daher klar, dass sich in dem ersteren Falle bedeutend mehr Humus durch die Verwesung der Wurzeln erzeugen muss, als in dem letzteren. Die Erhöhung der Fruchtbarkeit, welche der Landwirth auf die angegebene Weise erzielt, ist indess nicht dem Humus allein zuzuschreiben, sondern es haben daran auch die unorganischen Stoffe (Salze und Erden), die in den Düngemitteln und dem Erdboden enthalten sind, einen bestimmten Antheil.

Betrachtet man die Entstehung des Humus, so wird man leicht wahrnehmen, dass unter diesem Namen sehr verschiedenartige Stoffe vorkommen müssen, denn die Zusammensetzung desselben ändert sich mit jedem Tage, da mit jedem Tage ein wenig Kohlenstoff und Wasserstoff davon oxydirt und ausgeschieden wird. Alter Humus enthält demnach immer mehr Kohlenstoff in seiner Mischung als junger. Noch schwankender wurde der Begriff von Humus, als die Chemiker auf die Idee kamen, auch andere braune oder schwarze Stoffe, die sich beim Abdampfen von Pflanzensäften oder Pflanzenabkochungen, oder aus Holz, Stärke, Zucker etc. bilden, wenn man diese Stoffe mit Säuren oder Alkalien kocht, mit diesem Namen zu belegen. Die Benennung Humus wurde dadurch zu einem Findelhause, in das alle aus Pflanzen- oder Thierstoffen entstandene Körper gebracht wurden, die braun oder schwarz aussahen und im Wasser unlöslich oder doch sehr schwer löslich waren.

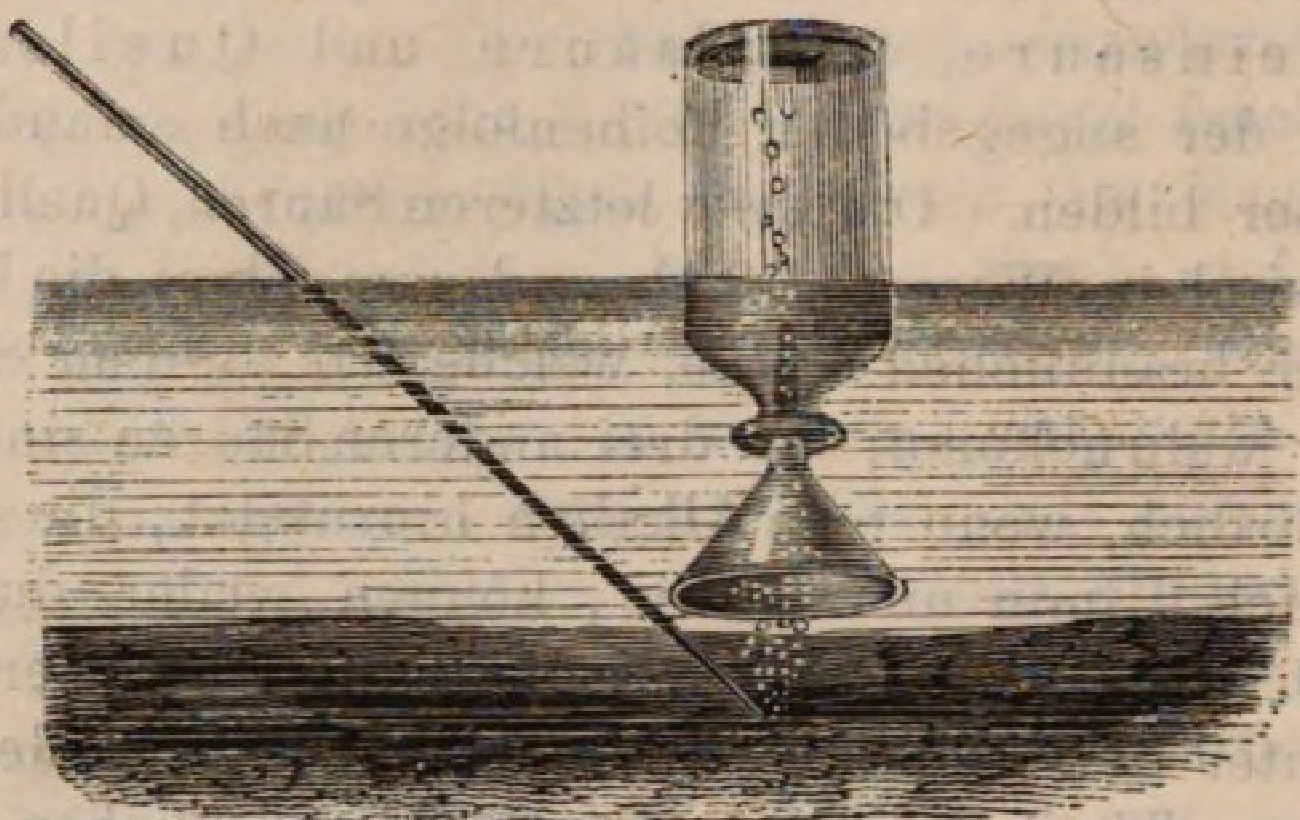
585. Humussäuren. Von dem durch Verwesung entstandenen Humus, wie wir ihn in der Ackererde finden, glaubt man, dass er ein Gemenge sei von mehren selbständigen braunen Stoffen, nämlich von Ulmin, Humin, Ulminsäure, Huminsäure, Geïnsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure, die sich in der angegebenen Reihenfolge nach einander aus der Pflanzenfaser bilden. Die zwei letzteren Säuren, Quell- und Quellsatzsäure, sind in Wasser löslich und zum Theil die Ursache der gelben oder bräunlichen Farbe, welche wir an dem Sumpf- oder Torfwasser wahrnehmen; die drei anderen Säuren sind in Wasser nur dann löslich, wenn man Alkalien hinzusetzt; die zwei ersten Stoffe endlich, Ulmin und Humin, können weder durch Wasser noch durch Alkalien auflöslich gemacht werden. Hiernach haben wir uns unter dem Gesammtausdruck Humus ein Gemenge von braunen, zum Theil löslichen, zum Theil unlöslichen, zum Theil sauren, zum Theil neutralen Verwesungsstoffen zu denken, welche sich bei Gegenwart von Luft, Wasser und Wärme ununterbrochen weiter zersetzen und dabei Kohlensäure, Wasser, nebst etwas Ammoniak und Salpetersäure erzeugen. Diese vier Stoffe sind unentbehrliche Nahrungsmittel für die Pflanzen; in humusreichem Boden werden daher die Pflanzen kräftiger emporwachsen, weil sie darin mehr von diesen Nährstoffen antreffen und durch ihre Wurzelfasern aufsaugen können, als in einem humusarmen Erdreiche. Ausserdem wirkt der Humus noch wohlthätig auf die Vegetation, weil er durch die Entwicklung von Kohlensäure das Erdreich auflockert und die Lösung von Mineralstoffen befördert, weil er die Fähigkeit hat, Wasser aus der Luft anzuziehen und lange in sich festzuhalten, und weil er durch die in ihm enthaltenen Säuren auch noch Ammoniak aus der Luft, wie auch aus dem Dünger aufzusaugen und festzuhalten vermag.

Veränderung der Pflanzenfaser durch Fäulniss.

586. In anderer Weise als bei der Verwesung erfolgt die Zersetzung der Pflanzenfaser, wenn die Luft gar nicht oder nur unvollständig zutreten kann, wenn z. B. die Zersetzung unter Wasser erfolgt, wie wir sie in Teichen, Sümpfen und Flüssen wahrnehmen.

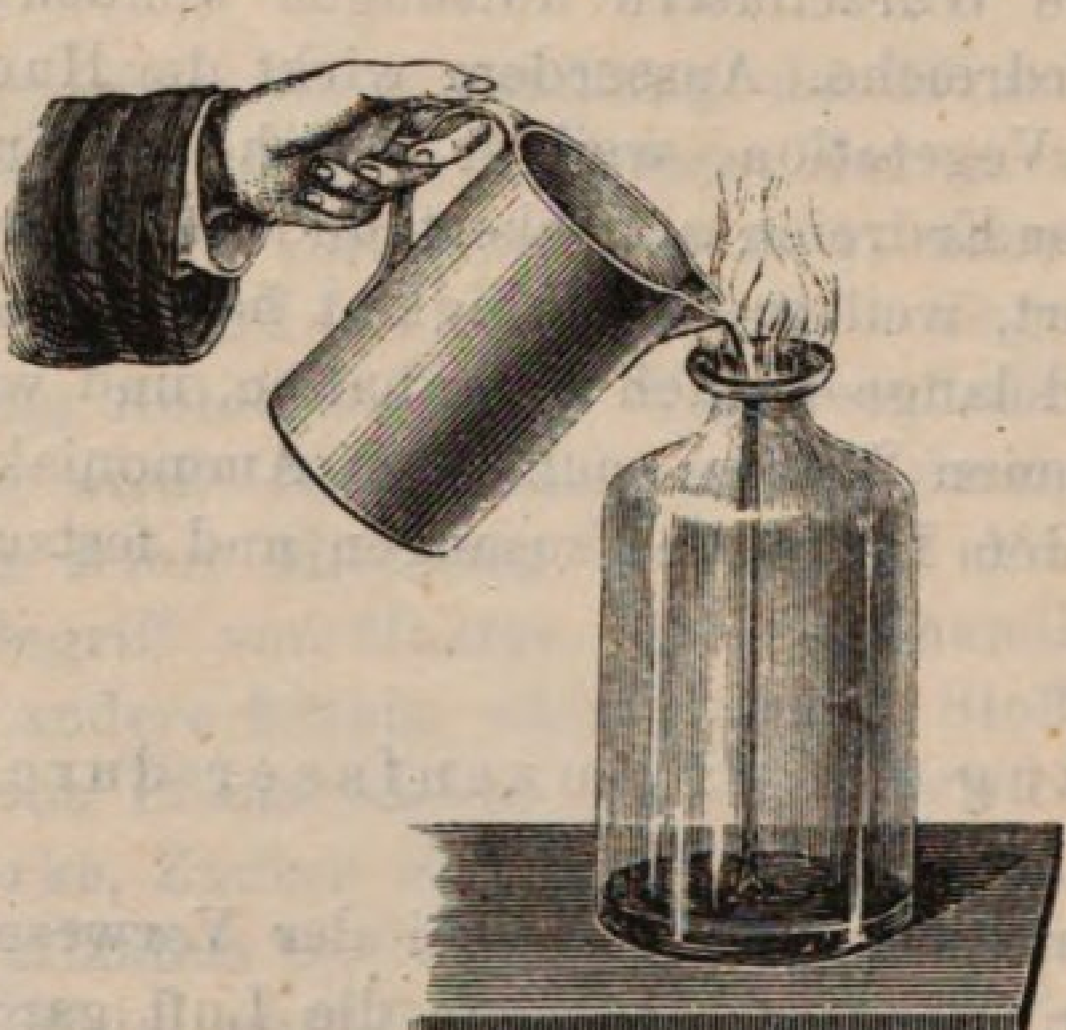
Sumpfgas. *Versuch.* Man bohre einen Stab in den Schlamm eines Teiches ein und fange die emporsteigenden Luftblasen in

Fig. 171.



einer darüber gehaltenen, mit Wasser gefüllten Flasche auf; die Flasche wird unter Wasser verstöpselt, wenn alles Wasser herausgedrängt ist. In die Flasche bringt man ein wenig Wasser und nachher ein kleines Stückchen Aetzkali oder Aetzkalk, verstopft sie schnell, schüttelt sie einige Minuten und entfernt dann

Fig. 172.



den Kork unter Wasser: es wird etwas Wasser in die Flasche eindringen, weil die Basen eine Quantität des Gases verschluckt

haben. Das verschluckte Gas war Kohlensäure. Hält man nun einen brennenden Holzspan an die Oeffnung der Flasche und treibt das übrige Gas durch Zugiessen von Wasser aus, so entzündet es sich und verbrennt mit blauer Flamme. Man nennt dieses Gas Sumpfgas (leichtes Kohlenwasserstoffgas); es besteht aus Kohlen- und Wasserstoff, wie das gewöhnliche Leuchtgas, enthält aber, mit diesem verglichen, eine geringere Menge von Kohlenstoff und brennt deswegen, ohne stark zu leuchten. Diese beiden Gasarten, Kohlensäure und Sumpfgas, sind aus den unter Wasser zersetzten Pflanzentheilen entstanden. Das Sumpfgas oder Grubengas (120), ΘH_4, kann auch als Methylwasserstoff $\Theta H_3, H$, angesehen werden. Sein neuester wissenschaftlicher Name ist Methan.

587. Fäulniss. Bei mangelndem Sauerstoff verbindet sich also der Wasserstoff der Pflanzenfaser mit einem Theile des Kohlenstoffs, während er sich bei Ueberfluss an Sauerstoff mit diesem vereinigt. Auch hier bleibt eine kohlenstoffreichere, dem Humus ähnliche Masse zurück, in den Teichen als schwarzer Schlamm, in den Sümpfen als Torf. Diese Art der Zersetzung wird Fäulniss genannt; sie hat einige Aehnlichkeit mit der Veränderung, welche das Holz bei der unvollständigen Verbrennung (Verkohlung, trockne Destillation) erleidet, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Bei der Verkohlung		Bei der Fäulniss	
wird die Pflanzenfaser verwandelt in	a) Leuchtgas, b) Kohlensäure, c) theilweise verbrannte Stoffe (Theer, Coak etc.)	wird die Pflanzenfaser verwandelt in	a) Sumpfgas, b) Kohlensäure, c) theilweise verfaulte Stoffe (Schlamm, Torf).

588. Torf und Moor. Der Torf (Moor, Moder, saurer Humus) bildet sich aus Sumpfpflanzen, die unter Wasser langsam verfaulen; jedes Jahr entsteht eine neue Vegetation, die abermals nach ihrem Vergehen zu Boden sinkt, und es kann auf diese Weise im Laufe der Zeit ein Morast ganz zuwachsen, ja sich zu einem Hügel erhöhen (Hochmoore). Der junge Torf bil-

det ein braunes, faseriges Gewebe, an dem sich die einzelnen Pflanzentheile noch deutlich unterscheiden lassen (Wurzel- oder Stechtorf); mit der Zeit aber zerfällt er zu einer schwarzen, schlammigen Masse, die man, ähnlich wie Lehmziegel, in Stücken formt (Streichtorf). Der alte schwarze Torf glimmt nur beim Verbrennen, ein Beweis, dass der Wasserstoff der Pflanzen, aus denen er entstanden, während der Fäulniss zum grössten Theile abgeschieden wurde. Dagegen kommen aber auch, obwohl nur vereinzelt, Torfsorten vor, die so mit Erdharz, Paraffin oder wachsartigen Stoffen durchzogen sind, dass sie mit lebhafter Flamme brennen (Leuchttorf). Die Torfmasse ist dem Wachsthum der Pflanzen sehr ungünstig; entsäuert man dieselbe aber, nach Entfernung der stauenden Nässe, sei es durch Neutralisation der Säure mittelst Asche oder Kalk, durch langes Aussetzen an die Luft, oder durch theilweises Brennen etc., so geht sie allmälig in milden (neutralisirten) Humus über und wirkt nun sehr günstig auf die Vegetation.

589. Säuerlinge. Bei der Torfbildung erzeugt sich, wie oben bemerkt worden, fortwährend Kohlensäure; ein Theil dieser Kohlensäure bleibt im Wasser gelöst, und hieraus erklärt es sich, warum die Gewässer, die durch Torflager in die Erde sickern und an tieferen Stellen als Quellen wieder zum Vorschein kommen, oft so viel Kohlensäure enthalten, dass sie als Mineralwässer (Säuerlinge) gebraucht werden können. Finden sie unterwegs Eisenoxydul, Kalk, Magnesia etc. in den Gesteinen, so sind sie, ihres Kohlensäuregehaltes wegen, im Stande, kleine Quantitäten davon aufzulösen (334). Auf diese Weise entstehen viele der in der Natur vorkommenden Mineralwässer.

590. Braun- und Steinkohle. Ausser dem Torfe finden wir noch zweierlei andere Arten von zersetzten Pflanzenstoffen in der Erde, die ebenfalls wegen ihres Reichthums an Kohlenstoff als Brennmaterialien benutzt werden: die Braunkohle und Steinkohle. Beide sind Ueberreste einer Vegetation, welche die Erde bedeckte, ehe noch Menschen dieselbe bewohnten. Höchst wahrscheinlich sind sie aus den Pflanzen und Bäumen einer früheren Zeit dadurch entstanden, dass diese durch Ueberschwemmungen und andere mehr oder weniger gewaltsame Re-

volutionen, welche die Erdrinde erlitt, unter mächtigen Lagern von Sand und Thonschlamm begraben wurden und sich in der Tiefe auf eine der Fäulniss ähnliche Weise zersetzten, während der Sand zu Sandstein, der Thonschlamm zu Schieferthon erhärtete. Da, wo die Decke der Erdschichten nicht stark genug war, um das Entweichen der Kohlensäure und des Sumpfgases zu verhindern, z. B. bei vielen Arten von Braunkohle, finden wir das Holz oft seiner Form nach noch so wohl erhalten, dass wir die Jahresringe daran erkennen können (bituminöses Holz); an anderen Orten hingegen ist das Holz in eine braune Masse verwandelt, die mit dem Humus oder Streichtorf grosse Aehnlichkeit hat (erdige Braunkohle). War der Druck der aufliegenden Erdmassen aber so stark, dass die bei der Zersetzung der verschütteten Pflanzen sich bildenden Gasarten nicht entweichen konnten, so mussten dieselben nothwendiger Weise bei der Kohlenmasse zurückbleiben. Hierdurch und durch die starke Zusammenpressung unter der Last einer oft tausend, ja mehre tausend Fuss dicken Erd- oder Steinschicht erklärt sich einmal die dichte, compacte, steinähnliche Beschaffenheit vieler Kohlen, insbesondere der Steinkohlen, ferner auch die Eigenschaft derselben, mit Flamme zu verbrennen. Die in ihnen verdichteten Gase erhalten wir als Leuchtgas und Kohlensäure wieder, wenn wir die Kohlen in einer Retorte erhitzen.

591. Bildung der Stein- und Braunkohle. Es ist eine allgemein bekannte Sache, dass nasse Pflanzenstoffe, als Gras, Heu, Mist etc., sich erhitzen und in eine kohlenreiche, schwarze Masse verwandeln, wenn sie in Haufen fest über einander liegen; diese faulige Verkohlung, die wir hier im Kleinen wahrnehmen, musste auch im Grossen eintreten, wenn bei einer Erdrevolution Massen von Pflanzen zusammengeschwemmt und mit Schlamm überdeckt wurden; sie musste um so vollständiger erfolgen, je grösser der Druck war, der auf denselben lastete, und je länger die Zeit dieser Zersetzung währte. Die Steinkohle finden wir gewöhnlich in grösserer Tiefe und zwischen älteren Gebirgsschichten (im Uebergangsgebirge) als die Braunkohle, die meist der Oberfläche der Erde näher, zwischen jüngeren Gebirgsschichten (im tertiären Gebirge) vorkommt; wir schliessen daraus, dass die Steinkohlenbildung in einer früheren Zeit, die Braun-

kohlenbildung erst in einer späteren ihren Anfang nahm. Welche ausserordentliche Verschiedenheiten bei diesem Zersetzungsprocesse stattfanden, je nachdem die Pflanzen verschieden waren, je nachdem viel oder wenig Wasser, Wärme, Luft, Druck etc. mitwirkten, das sehen wir recht deutlich an der ausserordentlichen Mannichfaltigkeit der gebildeten Producte. Manche Stein- und Braunkohlen brennen mit lebhafter Flamme, andere mit schwacher, noch andere mit gar keiner Flamme; manche schmelzen in der Hitze (Back- oder Schmiedekohlen), andere zerfallen zu einem sandigen Pulver (Sandkohlen); manche geben nur 1 Proc. Asche, andere 20 bis 30 Proc. u. s. w.

592. Faules, weisses Holz. *Versuch.* Man fülle zur Sommerzeit ein Fläschchen halb mit befeuchteten Holzspänen, verstopfe es und stelle es einige Monate bei Seite: das Holz wird nach und nach seinen Zusammenhang verlieren und zu einer weissen, zerreiblichen Masse zerfallen. In der Luft des Gefässes brennt dann ein Holzspan nicht fort, denn sie enthält keinen freien Sauerstoff mehr, sondern Kohlensäure; das Wasser ist gleichfalls verschwunden, es hat sich chemisch mit der Holzfaser verbunden. Eine ähnliche Veränderung tritt oft genug auch im Innern der Baumstämme ein, wenn die Luft nicht frei hinzutreten kann; das bekannte weisse, faule Holz entsteht auf diese Weise. Hat die Luft freien Zutritt, so bildet sich eine erdähnliche, braune Masse (Humin, Ulmin), wie wir sie in hohlen Ulmen, Weiden, Linden und anderen Bäumen antreffen.

593. Conservirung des Holzes. Die Zersetzungen, welchen das Holz durch die Verwesung und Fäulniss ausgesetzt ist, lassen sich auf mannichfache Weise aufhalten und verlangsamen, und zwar:

1) durch scharfes Austrocknen, wodurch das Wasser der Softtheile entfernt wird;

2) durch Auslaugen mit Wasser oder Dampf, wodurch der Saft aufgelöst und entfernt wird;

3) durch Anstreichen mit Körpern, die das Eindringen des Wassers verhindern, z. B. mit Firniss, Theer, Pech etc.;

4) durch Einpressung von Salzlösungen, welche fäulnisswidrig wirken, z. B. von Quecksilbersublimat (Kyanisiren), Kalksalzen (Incrustiren), Eisensalzen (Metallisiren) u. a. m.

II. Stärke oder Amylum.

$C_{12}H_{10}O_{10}$ oder $\Theta_6 H_{10} \Theta_5$.

594. Vorkommen. Aus dem Safte, welcher die Zellen der Pflanzen erfüllt, setzt sich in den meisten Gewächsen, hauptsächlich in der Periode des Reifens, eine Art von Mehl ab, welches unter dem Namen Stärke oder Amylum bekannt ist. Was man mit blossen Augen für Mehlstäubchen hält, das erkennt man durch das Vergrösserungsglas als kleine, rundliche oder eiförmige Körnchen oder Kügelchen. Wie diese in den Pflanzen liegen, kann man aus Fig. 173 ersehen, die einige Zellen aus einer durchschnittenen Kartoffel darstellt.

Fig. 173.



Wird eine frische Pflanze mit Wasser zerquetscht und die Flüssigkeit dann abgepresst, so geht ein grosser Theil der Stärke mit dem Safte aus der Pflanzenfaser heraus und setzt sich bei ruhigem Stehen aus der Flüssigkeit als ein mehlartiger Schlamm ab. Hieraus erklärt sich der Name Satzmehl, mit dem man früher die Stärke bezeichnete. Sehr reich an Stärke sind die Kartoffeln, die Getreidekörner und die Hülsenfrüchte. Als stärkereiche Substanzen sind ausserdem noch aufzuführen: der Mais, der Reis und das Haidekorn. Unter dem Namen Arrow-root oder Kraftmehl wendet man in der Heilkunde ein Stärkemehl an, welches in Ost- und Westindien aus den Wurzeln einiger Sumpfpflanzen dargestellt wird.

Kartoffeln und Kartoffelstärke.

595. Bereitung. *Versuch.* Man zerreibe einige Kartoffeln auf einem Reibeisen, knete den erhaltenen Brei mit etwas Wasser durch einander, und drücke ihn durch ein Leinwandläppchen: der Faserstoff der Zellen, noch mit Stärke gemengt, bleibt

zurück, der Saft, mit dem grössten Theile der Stärkekörnchen läuft durch. Lässt man die trübe Flüssigkeit eine Stunde lang

Fig. 174.



ruhig stehen, so wird sie klar, weil die schwerere Stärke sich am Boden ablagert. Man giesst nun das Flüssige ab, reinigt die Stärke durch mehrmaliges Aufgiessen von frischem Wasser und Wiederabsetzen, und trocknet sie an einem nicht zu heissen Orte.

Die Kartoffelstärke hat unter dem Vergrösserungsglase (Fig. 174) die Form eiförmiger Kügelchen, die aus vielen, um den Punkt *a*, den sogenannten Nabel, herum abgelagerten Schalen bestehen und von einer feinen Hülle von Cellulose umgeben sind; sie glänzt in der Sonne, fühlt sich hart an und hat immer eine mehr pulverige als klümprige Beschaffenheit.

Pflanzenweiss in den Kartoffeln. *Versuch.* Die von der Stärke abgegossene klare Flüssigkeit wird in einem Kochfläschchen erhitzt; sie trübt sich, wenn die Hitze sich dem Siedepunkte nähert, und lässt nach mehrmaligem Aufwallen einen flockigen, grauweissen Körper fallen, den man abfiltrirt. Es ist derselbe Körper, der schon in 557 erwähnt wurde, Pflanzeneiweiss, ausgezeichnet durch seine Aehnlichkeit mit dem Eiweiss der Eier und des Blutes, wie insbesondere durch seine Eigenschaft, im kalten und warmen Wasser sich aufzulösen, durch Kochen aber zu gerinnen. Er enthält Stickstoff, die Stärke nicht.

Versuch. Von dem geronnenen Eiweiss streiche man etwas auf ein Platinblech und erhitze es durch eine Lampe: es wird mit einem sehr unangenehmen, brenzlichen Geruche verbrennen. Stärke auf gleiche Weise behandelt, riecht zwar auch brenzlich, aber bei weitem weniger unangenehm. Alle stickstoffhaltigen Körper verhalten sich in dieser Beziehung wie das Eiweiss, alle stickstofffreien wie die Stärke; daher verbreitet ein wollener Lappen beim Versengen einen viel widrigeren Geruch, als ein baumwollener oder leinener; in der Wolle ist nämlich Stickstoff enthalten, in der Baumwolle und dem Leinen nicht.

Farbstoff in den Kartoffeln. Eine frisch durchschnittene Kartoffel hat eine weisse Farbe, diese geht aber bei längerem Liegen an der Luft in Braun über; eine gleiche Veränderung geht mit der aus den zerriebenen Kartoffeln ausgepressten Flüssigkeit vor sich: sie ist im Anfange farblos, wird aber allmälig dunkler. Der noch nicht genau untersuchte Stoff, welcher diesen Farbenwechsel bewirkt, wird mit dem allgemeinen Namen Farbstoff bezeichnet; er ist im Wasser löslich, wie wir aus dem zuletzt angegebenen Verhalten desselben sehen.

Conservirung der Kartoffeln. *Versuch.* Man mische 20 Tropfen Schwefelsäure mit 100 Grm. Wasser und giesse dieses Sauerwasser auf eine in dünne Scheiben zerschnittene Kartoffel; nach 24 Stunden werden die Scheiben herausgenommen, so lange gewässert, bis sie nicht mehr sauer schmecken, und getrocknet. Mit dem Safte verlieren die Kartoffeln hierbei Eiweiss und Farbstoff und bilden nach dem Trocknen eine feste, mehlige, weisse und geschmacklose Masse, die mit kochendem Wasser übergossen wieder aufschwillt und erweicht. Ohne diese Behandlung getrocknete Kartoffeln werden grau und hornartig und bekommen einen unangenehmen Geschmack.

Erbsen und Erbsenstärke.

596. Bereitung. *Versuch.* Man übergiesse eine Handvoll Erbsen in einem geräumigen Topfe mit Wasser und lasse sie einige Tage in der warmen Stube stehen: ein grosser Theil des Wassers wird von den Erbsen eingesogen und diese quellen dadurch auf und werden endlich so weich, dass sie sich mit den

Fingern zerdrücken lassen. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so zerquetscht man dieselben in einem Mörser, setzt so viel Wasser

Fig. 175.



hinzu, dass ein dünner Brei entsteht, und presst diesen mittelst eines Leinwandläppchens aus. Auch hier erhält man, wie bei den Kartoffeln: 1) Faserstoff, der in dem Läppchen zurückbleibt; 2) Pflanzeneiweiss, wenn die abgegossene Flüssigkeit bis zum Kochen erhitzt wird; 3) Stärke, die sich beim Stehen aus der trüben Flüssigkeit absetzt. Die Erbsenstärke besteht aus eiförmigen, in der Mitte länglich-sternförmig ausgehöhlten, zum Theil an einander hängenden Körnern. In der vergrösserten Abbildung (Fig. 175) sind die mit *a* bezeichneten Körnchen aus trocknen Erbsen, die mit *b* bezeichneten dagegen aus grünen. Von gleicher Form sind auch die Stärkekügelchen der Bohnen, Wicken und Linsen. Die Samen der Lupine, obgleich auch zu den Hülsenfrüchten gehörend, enthalten kein Stärkemehl, sondern an dessen Stelle gallertartige Körper (Pectinverbindungen).

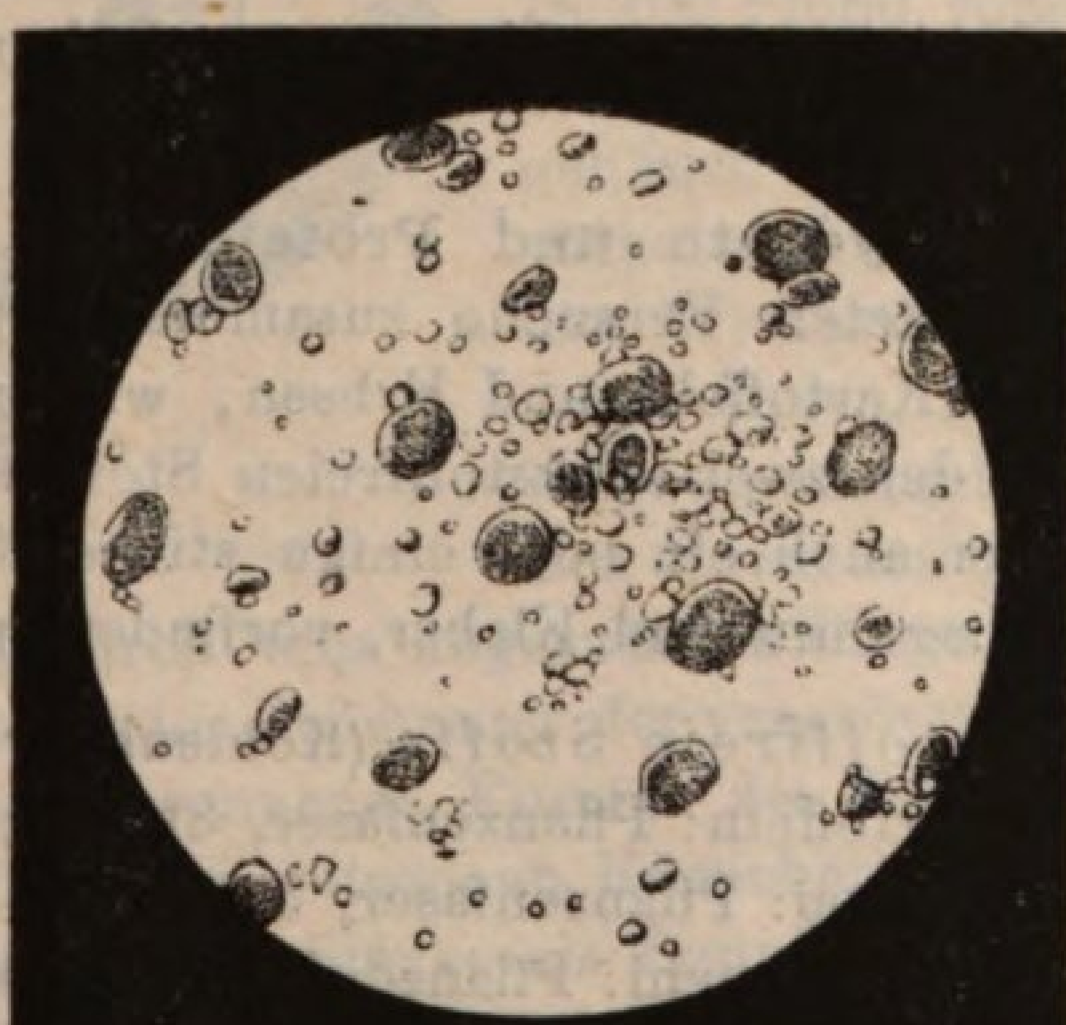
Pflanzencaseïn in den Erbsen. *Versuch.* Hat man aus der eben erwähnten Flüssigkeit das Pflanzeneiweiss durch Kochen und Filtriren entfernt, so versetze man sie mit einigen Tropfen Essig: es wird sich abermals ein flockiger, weisser Kör-

per abscheiden; dieser heisst Legumin oder Pflanzencaseïn (Käsestoff), weil er sowohl in seiner Zusammensetzung als in seinen Eigenschaften die grösste Aehnlichkeit mit dem in der Milch enthaltenen Käse (Thiercaseïn) hat. Das Pflanzencaseïn ist, wie das Pflanzeneiweiss, reich an Stickstoff, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, dass es nicht durch Kochen, wohl aber durch Säuren zum Gerinnen gebracht wird. Es findet sich in dem Safte sehr vieler Pflanzen, am reichlichsten in dem Samen der Hülsenfrüchte; auch die Kartoffeln enthalten eine kleine Menge davon.

Weizenmehl und Weizenstärke.

597. Bereitung. *Versuch.* Eine Handvoll Weizenmehl wird mit so viel Wasser besprengt, dass daraus beim Durchstossen in einem Mörser ein steifer Teig entsteht; diesen bindet man in ein Läppchen von dichter Leinwand und knetet ihn unter öfterem Aufgiessen von Wasser so lange durch, bis das Wasser nicht mehr milchig davon abläuft. Aus dem trüben Wasser setzt

Fig. 176.



sich nach einiger Zeit ein weisses Mehl ab, es ist Stärke. Die Weizenstärke besteht aus glanzlosen, linsenförmigen grösse-

ren und zahlreichen kleineren Körnchen (Fig. 176), die in feuchtem Zustande sich gern an einander hängen, weshalb die im Handel vorkommende Weizenstärke immer zu lockeren Klumpen zusammengebacken ist. Zu Pulver zerrieben ist sie unter dem Namen Puder bekannt. Ein ganz gleiches Ansehen zeigt auch die Stärke der Roggen-, Gersten- und Haferkörner unter dem Vergrösserungsglase, nur nimmt man auf der Oberfläche der letzten, der Haferstärkekügelchen, eine schwache, netzförmige Zeichnung wahr.

Kleber und Eiweiss in dem Weizen. Die Stärke ist der eine Hauptbestandtheil des Weizenmehls, wie aller Mehlarten, der zweite bleibt, mit Pflanzenfaser gemengt, in dem Tuche als eine klebrige, zähe, graue Masse zurück, die den Namen Kleber (Pflanzenfibrin und Pflanzenleim) erhalten hat. Der Kleber quillt in Wasser nur auf, ohne sich vollständig zu lösen; in seiner Zusammensetzung kommt er ganz mit dem Pflanzeneiweiss und Legumin überein, er ist, wie diese, reich an Stickstoff (629).

Bringt man das von der Stärke abgegossene Wasser zum Kochen, so trübt es sich und giebt, wenn es etwas eingedampft ist, einen schwachen, flockigen Niederschlag; das Weizenmehl enthält also auch eine geringe Menge von Pflanzeneiweiss.

598. Kohlenhydrate und Proteïnstoffe. Werden die Resultate der letzten Versuche zusammengestellt, so findet man, dass in den Kartoffeln und Erbsen, wie in dem Weizenmehl, sich neben den zwei stickstofffreien Stoffen: Pflanzenfaser und Stärke, immer auch ein oder einige stickstoffhaltige Stoffe: Pflanzeneiweiss, Legumin und Kleber, vorfinden, nämlich:

Stickstofffreie Stoffe (Kohlenhydrate)
in den Kartoffeln: Pflanzenfaser, Stärke;
in den Erbsen: Pflanzenfaser, Stärke;
in dem Weizenmehl: Pflanzenfaser, Stärke.

Stickstoffhaltige Stoffe (Proteïnstoffe)
in den Kartoffeln: Pflanzeneiweiss, Legumin (wenig);
in den Erbsen: Pflanzeneiweiss, Legumin (viel);
in dem Weizenmehl: Pflanzeneiweiss, Kleber (viel).

Die stickstofffreien Pflanzenbestandtheile Cellulose und Stärke fasst man, nebst dem Dextrin und Zucker, unter dem Collectivnamen Kohlenhydrate, die drei genannten stickstoffhaltigen dagegen unter dem Namen Proteïnstoffe oder eiweissartige Stoffe zusammen. Kleine Quantitäten des einen oder anderen finden sich in dem Safte jeder Pflanze.

Verhalten der Stärke gegen Wasser und Jod.

599. Durch starkes Reiben mit Wasser, sowie durch Einwirkung von Speichel, wird ein Theil der Stärke löslich (Granulose). Wird angefeuchtete Stärke erhitzt, so bildet sie hornartige Krümelchen, die mit kochendem Wasser übergossen aufschwellen und gallertartig und durchscheinend werden; man nennt diese Krümelchen Sago. Der ächte Sago kommt aus Indien und wird daselbst aus dem Stärkemehl bereitet, welches man in dem Marke mancher Palmbäume findet.

Fig. 177.



Durch Wasser aufgequollen finden wir die Stärkekörnchen auch in den gekochten Kartoffeln. In 100 Pfund roher Kartoffeln sind ungefähr 70 bis 75 Pfund wässeriger Saft und 18 bis 22 Pfund Stärke enthalten; bei der Hitze des kochenden Wassers oder Wasserdampfes wird dieser Saft von der Stärke eingesogen und die angeschwollenen Körnchen füllen nun die Zellen, welche dadurch eine abgerundete Gestalt bekommen, ganz aus. Die netzförmige Zeichnung der vergrösserten Zellen (Fig. 177) rührt von dem geronnenen Eiweiss des Saftes her, welches die Fugen zwischen den einzelnen Körnchen ausfüllt. Alle unsere Backwaaren enthalten Stärke als Hauptbestandtheil und verdanken derselben ihre krümliche und lockere Beschaffenheit.

600. Stärkekleister. *Versuch.* Man erhitze in einem Schälchen 1 Thl. Stärke mit 20 Thln. Wasser unter stetem Umrühren bis zum Kochen: das Gemisch wird erst schleimig, end-

lich dick wie eine Gallerte. Die Stärkekörnchen saugen Wasser ein und schwellen dadurch so auf, dass die einzelnen Schalen derselben zerreissen. Unter dem Namen Kleister wird die aufgequollene Stärkemasse bekanntlich als Klebmittel, unter dem Namen Papp als Verdickungsmittel der Druckfarben vielfach angewendet. Zieht man Wäsche und andere gewebte Waaren durch dünnen Stärkebrei, so erlangen sie nach dem Trocknen Steifigkeit und durch Plätten oder starkes Reiben und Pressen ein glänzendes Ansehen (Appretur). Das starke Aufquellen vieler unserer bekanntesten Nahrungsmittel, als des Reisses, des Griesses, der Gräupchen, der Bohnen, Erbsen und Linsen etc., wenn wir sie mit Wasser kochen, erklärt sich nun leicht durch die grosse Reichhaltigkeit derselben an Stärke.

Milchsäure aus Stärke. *Versuch.* Lässt man Stärkekleister längere Zeit an einem warmen Orte stehen, so wird er nach und nach dünnflüssig und sauer: er geht hierbei in eine eigenthümliche Säure über, die den Namen Milchsäure erhalten hat. Dieselbe Säure wird beim Sauerwerden der Milch erzeugt und ertheilt der geronnenen Milch und der Buttermilch den bekannten sauren Geschmack.

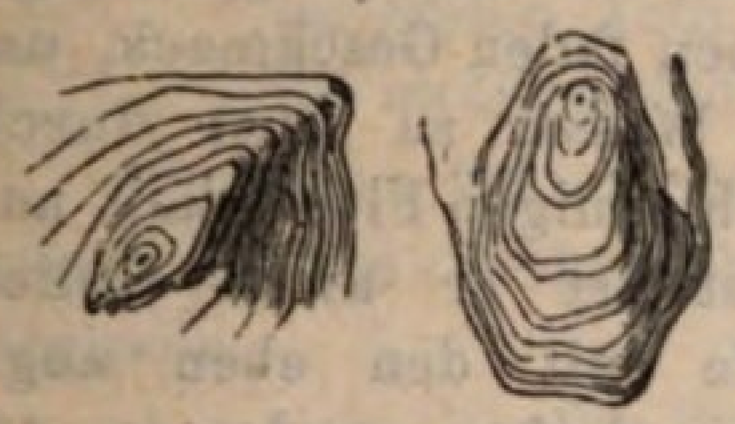
601. Stärke und Jod. *Versuch.* Man verdünne etwas Stärkekleister mit vielem Wasser und setze einige Tropfen Jodtinctur (178) hinzu: es entsteht eine intensiv blaue Flüssigkeit (Jodstärke). Dieselbe Farbe kann man wahrnehmen, wenn man einen Tropfen Jodtinctur auf Mehl, Kartoffeln, Möhren etc. tröpfelt; wir haben in dem Jod ein äusserst genaues Erkennungsmittel des Stärkemehls.

Veränderung der Stärke durch Röstung und Säuren.

602. Geröstete Stärke. *Versuch.* Wird Stärke in einem Löffel durch eine kleine Spirituslampe erhitzt und während der Erhitzung (Röstung) fortwährend umgerührt, damit sie nicht an der heisseren Bodenfläche anbacken und anbrennen kann, so nimmt sie nach einiger Zeit eine gelbe, weiterhin eine braun-

gelbe Farbe an und hat nun die neue Eigenschaft, sich in kaltem und heissem Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit aufzulösen.

Fig. 178.



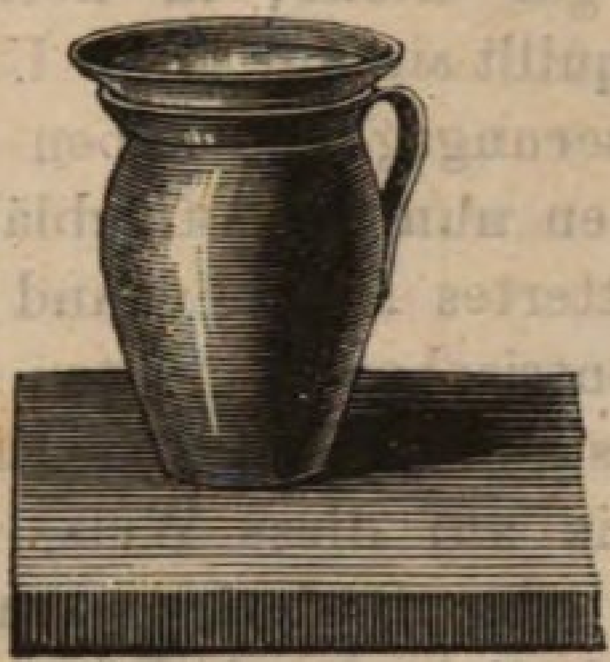
(Gewöhnliche Stärke löst sich in kaltem Wasser gar nicht, in heissem Wasser aber quillt sie nur auf.) Unter dem Vergrösserungsglase haben die Stärkekügelchen nun ein aufgeblähtes und aufgeblättertes Ansehen und zeigen die concentrischen Schichten, aus denen sie bestehen, recht deutlich. Man nennt die auf diese Weise veränderte Stärke: geröstete Stärke oder Stärkegummi. Sie wird jetzt häufig im Grossen, gewöhnlich durch Rösten in grossen Kaffeetrommeln, dargestellt, da sie sich sehr gut zum Verdicken der Farben und Beizen in den Zeugdruckereien eignet.

603. Stärkegummi. *Versuch.* Man vermenge in einem Schälchen 20 Grm. Stärke genau mit 5 Grm. Wasser und 6 Tropfen Salpetersäure, lasse das Gemenge an der Luft trocken werden und stelle es sodann auf die Platte eines geheizten Ofens, welche so heiss ist, dass sie schwach zischt, wenn man sie mit einem feuchten Finger berührt. Nach einigen Stunden wird alle Salpetersäure entfernt sein und eine Probe der Stärke sich in kaltem Wasser ziemlich, in heissem vollständig auflösen. Das so bereitete Stärkegummi hat eine weisse oder höchstens eine schwach gelbliche Farbe und führt den Namen Leïocome.

Versuch. Man bereite sich aus Kartoffelstärke durch Kochen mit Wasser einen Kleister, und versetze diesen, während er noch heiss ist, in einer Untertasse unter fortwährendem Rühren mit einigen Tropfen Schwefelsäure. Dass diese Säure eine Veränderung der Stärke bewirkt, ergiebt sich schon durchs blosse Auge, denn die kleistrige Masse wird sehr bald dünnflüssig werden. Die Tasse wird nun auf einen Topf gestellt, in welchem Wasser gelind kocht (Dampfbad), und in den heissen Wasserdämpfen, die den Inhalt der Tasse nicht ganz bis zum Sieden bringen, so lange gelassen, bis die darin befindliche Flüssigkeit eine durchsichtige Beschaffenheit erlangt hat. Ist dies geschehen, so setzt man zu der Flüssigkeit messerspitzenweise so lange ge-

schlemmte Kreide, bis sie nicht mehr sauer reagirt, und lässt sie dann, nachdem der entstandene Gyps abfiltrirt worden, an einem warmen Orte eintrocknen. Der Rückstand hat ein amorph-glasartiges Ansehen, einen faden Gesckmack, und löst sich im Wasser zu einer durchsichtigen, schleimigen Flüssigkeit auf; in Weingeist ist er nicht löslich. Pflanzenstoffe mit den eben angeführten Eigenschaften werden im Allgemeinen Gummi genannt; das hier aus der Stärke gewonnene Gummi hat den besonderen Namen Dextrin erhalten. Mit dem Namen Amydulin bezeichnet man eine noch nicht genau untersuchte Uebergangsstufe zwischen Stärke und Dextrin.

Fig. 179.



604. Stärkezucker. *Versuch.* Der vorige Versuch wird mit folgender Abweichung wiederholt. Man bringe 100 Grm. Wasser, zu dem man 40 Tropfen Schwefelsäure gegossen hat, zum lebhaften Sieden und setze dann 30 Grm. mit wenig Wasser zu einem Brei angerührte Stärke hinzu, aber nur in kleinen Portionen auf einmal, so dass die Flüssigkeit nicht aus dem Kochen kommt. Ist alle Stärke eingetragen, so lasse man das Gemisch noch einige Zeit gelind kochen, neutralisire die Säure dann durch Kreide und dampfe die von dem gebildeten Gyps abfiltrirte Flüssigkeit so weit ein, bis sie zu einem dicklichen Syrup geworden ist. Dieser hat einen sehr süssen Geschmack und besteht aus einer Auflösung von Zucker in Wasser. Der so dargestellte Stärkesyrup, wie der daraus leicht darzustellende weisse, feste Stärkezucker, beide bilden jetzt eine allgemein gebräuchliche Handelswaare. Der starke, weichlich-widrige Geruch, der sich bei diesem Versuche entwickelt, rührt von dem in der Kartoffelstärke enthaltenen natürlichen Fuselöle her, welches durch die Schwefelsäure ausgetrieben wird. Bei der Branntweinbereitung ändert sich dieses in Fuselgeist oder Amylalkohol um (686).

605. Katalyse oder Contactwirkung. Die Stärke wird, wie diese Versuche zeigen, durch Schwefelsäure bei schwächerer

Erhitzung in Gummi, bei stärkerer in Zucker umgewandelt. Auch in letzterem Falle entsteht erst Dextrin, welches aber nach und nach in Zucker übergeht. Man kann hiernach die Einwirkung der Schwefelsäure in zwei Acte theilen:

im ersten Acte wird die Stärke zu Dextrin,
im zweiten Acte wird das Dextrin zu Zucker.

Wie diese Einwirkung erfolgt, darüber kann man sich noch keine genaue Rechenschaft geben; man ersieht nur aus den Formeln

$$\text{für Stärke} = C_{12}H_{10}O_{10}\ (\Theta_6H_{10}\Theta_5)$$
$$\text{und für Krümelzucker} = C_{12}H_{12}O_{12}\ (\Theta_6H_{12}\Theta_6)$$

dass bei der Verwandlung der Stärke in Zucker eine chemische Bindung der Elemente von Wasser stattgefunden hat, und dass es jedenfalls die Schwefelsäure gewesen ist, welche diese Bindung bewirkte.

Nun ist aber von der Schwefelsäure nichts zersetzt und nichts gebunden worden, denn man findet in dem gebildeten Gypse genau dieselbe Menge von Schwefelsäure wieder, die man angewendet hatte; sie wirkt sonach hier auf eine ganz andere Weise, als gewöhnlich, ähnlich wie der Platinschwamm, der auch in anderen Körpern eine chemische Thätigkeit hervorzurufen vermag, ohne sich selbst dabei zu verändern. Diese eigenthümliche Wirkungsweise der Schwefelsäure und des Platins wird mit dem Namen Wirkung durch Contact (Berührung), oder Wirkung durch Katalyse (Umwandlungskraft) bezeichnet.

Veränderung der Stärke durch Malz.

606. Malz und Diastas. *Versuch.* Man übergiesse 10 Grm. gröblich zerstossenes Gerstenmalz (555) mit 80 Grm. lauem Wasser, lasse das Gemenge einige Stunden in der Nähe eines Ofens oder in der Sonne stehen und giesse es dann durch ein Leinwandläppchen; in der durchgelaufenen Flüssigkeit (Malzauszug) findet sich ein noch nicht genau gekannter Stoff, Diastas genannt, aufgelöst, durch den die Stärke auf dieselbe Weise in Gummi und Zucker umgewandelt werden kann, wie durch Schwefelsäure.

Versuch. Ein Viertheil des Malzauszuges wird unter heissen Stärkekleister gerührt, den man sich aus 10 Grm. Kartoffelstärke und 100 Grm. Wasser bereitet hat, und mit demselben so lange gelind erhitzt (aber nicht höher als 65° C.), bis der Kleister dünnflüssig und durchsichtig geworden ist. Nun kocht man die Flüssigkeit bei verstärkter Hitze einigemal auf, giesst sie durch ein Läppchen und lässt sie an einem warmen Orte eintrocknen. Die übrig bleibende Masse ist der bei 603 erhaltenen gleich, sie besteht aus Dextrin oder Stärkegummi (Gommeline).

Versuch. Mit den übrigen drei Viertheilen des Malzauszuges verfahre man auf ganz gleiche Weise, nur setze man die Erwärmung einige Stunden fort, was am bequemsten auf der Stelle eines Ofens geschieht, welche der Flüssigkeit nur eine Wärme von 70 bis 75° C. mittheilen kann. Auch hier wird sich zuerst Dextrin bilden; dieses wandelt sich aber bald noch weiter in Stärkezucker um, wie man durch den Geschmack leicht wahrnimmt. Durch Abdampfen erhält man, wie bei 604, Stärkesyrup.

607. Maischprocess. Die auffallende Veränderung, welche die Stärke durch das Malz erfährt, ist dem in dem Malze enthaltenen Diastas zuzuschreiben. Wie man sieht, wirkt dieser Stoff ganz ähnlich wie die Schwefelsäure, es ist jedoch ebenfalls noch unbekannt, auf welche Weise seine Wirkung vor sich geht. Bei 100° C., also beim Aufkochen der Flüssigkeiten, wird die Wirkung des Malzes vernichtet. Von grosser Wichtigkeit ist dieser Zuckerbildungsprocess durch das Diastas des Malzes für den Brauer und Branntweinbrenner, denn wenn diese aus Gerste oder Weizen Bier, oder aus Korn und Kartoffeln Branntwein erzeugen wollen, so muss jederzeit das Stärkemehl dieser Substanzen zuvor in Zucker umgewsndelt werden, ehe Gährung, und durch diese Weingeistbildung erfolgen kann. In beiden Fällen ist es das Diastas des zum Brauen und Branntweinbrennen unentbehrlichen Malzes, welches bei dem sogenannten Maischprocesse diese Umwandlung bewirkt.

Veränderung der Stärke durch den Vegetationsprocess.

608. Keimen der Gerste. Der Geschmack des Malzes ist schleimig und süss, weil schon während des Keimens die Um-

bildung der Stärke in Dextrin und während des Kauens die in Zucker beginnt, deren weiteres Fortschreiten man aber in diesem Falle durch Trocknen und Darren verhindert. Lässt man die gekeimte Gerste fortwachsen, wie es auf den Feldern geschieht, so verschwindet nach und nach die ganze Stärke aus dem Korne und geht als Dextrin und Zucker in den Saft der jungen Pflanze, wie man schon an dem süssen Geschmacke der letzteren und an ihrer schleimigen Beschaffenheit beim Zerreiben zwischen den Fingern bemerkt.

609. Keimen der Kartoffeln. Auch an den Kartoffeln ist eine gleiche Umänderung deutlich wahrzunehmen. In 100 Pfd. einer und derselben Kartoffelsorte hat man Stärke gefunden:

im August 10 Pfund, September 14, October 15, November 16, December 17, im Januar 17, Februar 16, März 15, April 13, Mai 10 Pfund.

Im Herbst nimmt also der Stärkegehalt der Kartoffeln zu, im Winter bleibt er sich gleich, im Frühjahr, wenn die Keimkraft erwacht, nimmt er ab. Es ist eine bekannte Thatsache, dass mit dem Keimen die Kartoffeln weich, schleimig und später süss werden; das aus der Stärke sich bildende Dextrin macht sie schleimig, der aus dem Dextrin sich bildende Zucker macht sie süss. In der Erde schreitet dieser Umwandlungsprocess noch weiter fort, die Kartoffel wird immer weicher und wässeriger, und wenn alle Stärke zum Wachsthum der jungen Pflanze verbraucht ist, tritt als Fortsetzung der Verwesungsprocess ein, dessen Producte: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure, als Nahrungsmittel für die schon etwas ältere Pflanze angesehen werden müssen.

610. Reifen der Früchte. Unreife Aepfel und Birnen werden durch Jodtinctur blau, sie enthalten sonach Stärke; vollkommen gereift zeigen sie diese Reaction meist nicht mehr, die Stärke ist also beim Reifen verschwunden. Was aus ihr geworden, das verräth uns der Geschmack dieser Früchte; derselbe ist süss, wir müssen daher annehmen, dass auch hier eine Umbildung der Stärke in Dextrin und Zucker stattgefunden habe. Wie es scheint, vermag auch der Frost eine gleiche Wirkung auf die stärkereichen Pflanzenstoffe auszuüben; ist es doch be-

kannt genug, dass gefrorene Kartoffeln, Aepfel, Mispeln etc. nach dem Wiederaufthauen einen süssen Geschmack haben.

Lichenin, Inulin und Glycogen (Moos-, Alant- und thierische Stärke).

611. Als eigenthümliche, von der gewöhnlichen Stärke in mehreren Eigenschaften abweichende, jedoch gleich zusammengesetzte Stärkearten pflegt man noch zu unterscheiden: das Lichenin, welches in den Flechten, namentlich in dem sogenannten isländischen Moose vorkommt und diesem die Eigenschaft ertheilt, durch Kochen mit Wasser eine Flüssigkeit zu liefern, die beim Erkalten zu einer kleisterähnlichen Gallerte gerinnt. Die getrocknete Gallerte stellt die Moosstärke (Lichenin) dar; sie wird durch Jodtinctur nicht blau, sondern gelblich gefärbt.

Das Inulin kommt, ausser in den Alantwurzeln, in den meisten Wurzeln der Pflanzen aus der Syngenesia, namentlich in den Georginenknollen und sonst noch häufig im Pflanzenreiche vor und ist dadurch ausgezeichnet, dass es sich in kochendem Wasser vollkommen auflöst, beim Erkalten aber als ein zartes, weisses Pulver aus der Lösung abscheidet. Durch längeres Kochen verwandelt es sich in Zucker. Von Jod wird es ebenfalls nicht blau, sondern bräunlich gefärbt.

Auch im Thierkörper hat man Stärkemehl gefunden, thierische Stärke oder Glycogen, namentlich in der Leber, als weisses amorphes Pulver, welches sich mit Jod roth färbt. Der stete Gehalt der Leber an Traubenzucker erklärt sich daraus, dass diese Stärke nach dem Tode des Thieres sich rasch in Traubenzucker oder Glycose umwandelt.

III. Dextrin und Gummi.

$C_{12}H_{10}O_{10}$ ($Є_6H_{10}Θ_5$).

612. Dextrin oder Dextringummi. Von diesem ist schon in 603, 606 und den folgenden Nummern die Rede gewesen, ebenso auch davon, dass dasselbe auf einer Mittelstufe zwischen

Stärke und Zucker steht, und welche Arten von Pflanzensäften man mit dem allgemeinen Namen „Gummi“ zu belegen pflegt. Das Dextrin ist einer der verbreitetsten Stoffe im Pflanzenreiche, denn grössere oder geringere Mengen davon finden wir in dem Safte jeder Pflanze.

In manchen Pflanzen giebt es aber noch besondere Gummiarten, und zuweilen in so reichlicher Menge, dass sie in Gestalt einer zähen Auflösung aus der Rinde hervordringen und daran zu einer glasähnlichen, getropften Masse erhärten, wie wir dies an unseren Pflaumen- und Kirschbäumen sehen. Der Name Harz, mit dem man diese getrockneten Pflanzensäfte oft bezeichnet, ist um deswillen falsch, weil wir unter Harzen uns Pflanzensäfte zu denken haben, die sich nicht in Wasser auflösen oder aufweichen, wohl aber in Weingeist. Mit dem Gummi verhält es sich umgekehrt, dieses ist in Weingeist unlöslich, wird aber vom Wasser erweicht und aufgelöst. Von dem Dextrin unterscheiden sich diese Gummiarten dadurch, dass sie sich durch Kochen mit Salpetersäure nicht in Kleesäure, sondern in eine eigenthümliche Säure, Schleimsäure genannt, umwandeln.

613. Gummi arabicum (Arabin). Die bekannteste unter den besonderen Gummiarten ist das arabische Gummi, oder Mimosengummi, welches in Afrika aus mehren acacienähnlichen Pflanzen freiwillig ausschwitzt. Die feineren Sorten davon haben eine weisse, die geringeren eine gelbe oder braune Farbe. Gut ausgetrocknet wird es so hart und spröde, dass es sich zu Pulver zerstossen lässt.

Versuch. 1 Thl. Gummi arabicum wird mit 2 Thln. kaltem Wasser übergossen und das Gemenge von Zeit zu Zeit umgerührt: das Gummi wird sich nach einigen Tagen vollständig in dem Wasser zu einem dicken, durchsichtigen Schleime auflösen, der sich beliebig mit Wasser verdünnen lässt. Dieser Schleim hat eine grosse Klebrigkeit, man benutzt ihn deshalb häufig statt des Kleisters oder Leims, um Papier etc. zusammenzuleimen oder auch um pulverige Körper in eine zusammenhängende Masse zu verwandeln (Pastellfarben, Räucherkerzen etc.); er hat ferner eine dicke Consistenz, deshalb findet er vielfache Anwendung in den Druckereien als Verdickungsmittel der Farben

und Beizen, wie als Appreturmittel. Zu letzterem Zwecke eignet sich besonders eine Sorte Gummi, die an den Ufern des Senegals gesammelt wird und hiervon den Namen Gummi-Senegal führt, weil sie einen dickeren Schleim giebt als das gewöhnliche Gummi arabicum.

Gummi und Weingeist. *Versuch.* Man giesse von dem erhaltenen Gummischleim einige Tropfen in Weingeist: sie vermischen sich nicht damit, denn das Gummi ist unlöslich in Weingeist. Vermischt man den Gummischleim zuvor mit Wasser, so dass daraus eine dünne, klare Flüssigkeit entsteht und setzt zu dieser Weingeist hinzu, so erfolgt eine Trübung und später ein flockiger Niederschlag; man hat also in dem Weingeist ein Mittel, um aus gummihaltigen Flüssigkeiten das Gummi zu entfernen.

IV. Pflanzenschleim (Bassorin).

$C_{12}H_{10}O_{10}$ ($\Theta_6H_{10}\Theta_5$).

614. Den Pflanzenschleim rechnete man sonst mit unter die Gummiarten; er unterscheidet sich aber von diesen wesentlich dadurch, dass er mit Wasser keine vollkommene, durchsichtige und gleichartige Auflösung giebt, sondern darin nur zu einer trüben und klebrigen, dem Stärkekleister ähnlichen Flüssigkeit aufquillt. Bei der Stärke findet diese Aufquellung nur in heissem Wasser statt, bei dem Pflanzenschleim schon in kaltem. Versetzt man die schleimige Flüssigkeit mit etwas Schwefelsäure oder Salzsäure, so erhält man nach einiger Zeit eine vollkommene Lösung, indem der Pflanzenschleim sich in Zucker und Gummi umwandelt; ausserdem finden sich Kalksalze in der Lösung. Mit Salpetersäure behandelt liefert er, wie das Gummi, hauptsächlich Schleimsäure.

Kleinere Mengen von Pflanzenschleim finden sich fast in jeder Pflanze; besonders reichhaltig sind:

Traganth (Gummi-Traganth), der eingetrocknete Saft mehrerer in Griechenland und der Türkei wachsenden Astragalus-Arten. Derselbe kommt im Handel in Gestalt von durchscheinenden weissen, gewundenen, sehr zähen Fäden und Bändern

vor und enthält, neben wenig Gummi und Stärke, nur festen Pflanzenschleim.

Traganthschleim. *Versuch.* Man lasse ein Stückchen Traganth mit kaltem Wasser einige Tage stehen: es wird erweichen und zu einer steifen, schlüpfrigen Gallerte aufquellen; ein Gramm davon reicht hin, um 250 Grm. Wasser in einen dicken Schleim zu verwandeln, der als Kleb- und Steifungsmittel vielfach benutzt wird. Kocht man den aufgequollenen, trüben Schleim, so erlangt er zwar eine grössere Gleichförmigkeit, aber eine vollständige Auflösung wird dadurch nicht erreicht.

Kirsch- und Pflaumengummi. *Versuch.* Uebergiesst man sogenanntes Kirsch- oder Pflaumengummi mit einer grossen Menge Wasser, so löst sich bei längerem Stehen ein Theil (etwa $^1/_5$) davon auf, die klare Lösung enthält Gummi; der grössere Theil aber bleibt als eine aufgequollene Masse zurück, diese besteht aus Pflanzenschleim. Diese beiden Pflanzensäfte sind sonach als Gemenge von Gummi und Pflanzenschleim anzusehen. Salep, die Knollen verschiedener Orchisarten, und Carragheen (sogenanntes Carragheen-Moos), eine gelblichweisse-Meeresalge, bestehen fast ganz aus Pflanzenschleim. Ersterer wird als Arzneimittel, letzteres als Weberschlichte und Klebmittel verwendet. Von einheimischen, an Pflanzenschleim reichen, und deshalb medizinisch und technisch benutzten Pflanzen und Pflanzentheilen sind noch anzuführen: die Blätter der Malven und des Huflattigs, die Altheawurzeln, die Samen von Plantago Psyllium, von Lein und Quitten u. a. An den Quittenkernen kann man den Schleim recht deutlich wahrnehmen, denn er umgiebt die Samen als ein weisslicher, durchscheinender Ueberzug; wie ergiebig dieser ist, geht daraus hervor, dass 1 Thl. Quittenkerne hinreicht, um 100 Thle. Wasser dickschleimig zu machen.

Anhang.

Pectin oder Pflanzengallert.

615. Die Säfte vieler fleischigen Früchte und Wurzeln, z. B. der Johannis- und Stachelbeeren, Kirschen, Aepfel, Rüben etc.

enthalten eine eigenthümliche Art von Schleim, durch den sie die Fähigkeit erlangen, beim Erkalten, besonders nach vorherigem Aufkochen mit Zucker, zu einer gallertartigen Masse (Gelée) zu gestehen. Man hat diesem farb- und geschmacklosen Körper, dem das Gerinnnen der Fruchtsäfte zuzuschreiben ist, den besonderen Namen Pectin (Pflanzengallerte) gegeben und unterscheidet mehrfache Modificationen davon, als z. B. Parapectin, Metapectin, Pectose, Pectinsäure, deren chemische Zusammensetzung jedoch noch nicht genau ermittelt ist. Bei längerem Stehen an einem kühlen Orte verlieren die Fruchtsäfte die Eigenschaft, zu gelatiniren; davon macht man Anwendung, wenn man flüssig bleibende Fruchtsyrupe, z. B. Himbeer- oder Kirschsyrup, bereiten will.

V. Zucker (Saccharum).

616. Mit dem Namen Zucker belegte man sonst alle süss schmeckenden und in Wasser leicht löslichen Pflanzenstoffe. Jetzt beschränkt man diese Bezeichnung auf solche Saftbestandtheile, welche ausser einem süssen Geschmack und einer den Kohlenhydraten entsprechenden chemischen Zusammensetzung die Fähigkeit haben: a) mit Hefe versetzt in Gährung überzugehen und dabei in Weingeist und Kohlensäure zu zerfallen, b) als Lösung die Ebene des polarisirten Lichtstrahles abzulenken. Im Pflanzenreiche kommen als ganz allgemein verbreitete Bestandtheile die folgenden drei Zuckerarten vor: Trauben- oder Krümelzucker, Rohrzucker und Schleimzucker. Im Thierreiche tritt der Milchzucker als ein Hauptbestandtheil der Milch auf.

Traubenzucker, Krümelzucker oder Glycose.

$C_{12}H_{12}O_{12}$ ($\Theta_6H_{12}\Theta_6$).

617. Wie die Stärke (auch Cellulose, s. 563) in Zucker umgewandelt werden kann, ist schon bei dieser angeführt worden (604. 606). Diese Zuckerbildung liess sich auf zweierlei Wegen

hervorrufen: entweder durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (Stärkesyrup), oder durch Digeriren der Stärke mit Malz oder Diastas (Malzsyrup). Beide Syrupe sind als concentrirte Lösungen von Zucker in Wasser anzusehen. Lässt man stark eingedampften Stärkesyrup längere Zeit ruhig stehen, so sondert sich daraus ein krümlicher Bodensatz aus, während ein Theil der Zuckerlösung flüssig und zähe bleibt. Der so gewonnene feste Zucker, welcher aus feinen, krystallinischen Körnern besteht, wird Stärkezucker oder wegen seiner krümlichen Beschaffenheit Krümelzucker genannt; der flüssige Theil aber, der immer wieder Feuchtigkeit anzieht und zerfliesst, auch wenn er zur Trockne abgedampft wurde, Schleimzucker.

Zucker im Honig. Etwas Aehnliches wie beim Stärkezucker sehen wir beim Honig. Wird dieser nach dem Auslassen längere Zeit aufbewahrt, so theilt sich die erst gleichförmige Masse ebenfalls in zwei Theile, in einen krümlichen festen Bodensatz und eine syrupartige Flüssigkeit; der erstere besteht aus Krümelzucker, die letztere aus Schleimzucker.

Zucker in Früchten. Dieselbe Zuckerart (Krümelzucker) wird auch, mit Schleimzucker gemengt, in vielen Pflanzen gebildet und sammelt sich insbesondere in reichlicher Menge in den Früchten an, z. B. in den Pflaumen, Birnen, Feigen, Weintrauben etc. (Fruchtzucker). Der weisse Beschlag der gebackenen Pflaumen und die weissen süssen Körner in den getrockneten Trauben (Rosinen) bestehen daraus. Man nennt nach dieser Abstammung den Krümelzucker am häufigsten Traubenzucker.

Glycoside. In vielen Pflanzen finden sich besondere selbstständige Stoffe, welche zwar keinen fertig gebildeten Krümelzucker enthalten, aus deren Elementen aber unter Aufnahme von Wasserstoff und Sauerstoff Krümelzucker erzeugt wird, wenn sie mit gewissen starken chemischen Körpern behandelt werden. Man fasst diese weiter unten näher zu betrachtenden Pflanzenstoffe unter dem Namen Glycoside zusammen.

618. Eigenschaften des Traubenzuckers. Kostet man ein getrocknetes Zuckerkörnchen aus einer Rosine und dann ein Krümelchen von gewöhnlichem Zucker, so wird man leicht bemerken, dass das erstere viel weniger süss schmeckt als das

letztere; 5 Grm. Krümelzucker geben nur so viel Süssigkeit als 2 Grm. gewöhnlicher Zucker. Ebenso verschieden ist auch die Löslichkeit dieser beiden Zuckerarten im Wasser, der Krümelzucker löst sich viel schwerer und langsamer darin auf als der gewöhnliche Zucker. Während 1 Thl. kaltes Wasser im Stande ist, 3 Thle. gewöhnlichen Zucker (Rohrzucker) aufzulösen, vermag es von dem Krümelzucker nur $^{2}/_{3}$ Thl. aufzunehmen; die aus ersterem dargestellte Zuckerlösung (Syrup) hat demnach eine viel stärkere und zähere Consistenz als die aus Krümelzucker bereitete. Die weiteren Eigenschaften sind in den nächstfolgenden zwei Abschnitten mit angegeben.

Rohrzucker oder Rübenzucker.

$C_{12}H_{11}O_{11}$ ($\Theta_{12}H_{22}\Theta_{11}$).

619. Von der vorigen Zuckerart verschieden ist unser gewöhnlicher weisser Zucker, den man entweder in den tropischen Ländern aus dem Safte des Zuckerrohrs, oder bei uns aus dem Safte der Runkelrüben darstellt; man nennt ihn deshalb Rohrzucker oder auch Rübenzucker.

Gewinnung. Die Operationen, wodurch man diesen Zucker im Grossen gewinnt, sind folgende:

1) Ausziehen des Saftes aus dem Zuckerrohr oder aus den zu einem Breie zerriebenen Runkelrüben durch starke Pressen oder durch Auslaugen mit Wasser.

2) Einkochen des Saftes mit Zusatz von etwas Kalk, durch den mehre fremdartige Stoffe niedergeschlagen werden, bis zur starken Syrupsconsistenz; daraus setzt sich beim Erkalten der rohe Zucker in braungelben, krystallinischen Körnern ab (Rohzucker oder Moscovade). Der nicht krystallisirende Schleimzucker, welcher davon abgelassen wird, bildet den bekannten braunen Syrup (Melasse).

3) Raffiniren des Rohzuckers, d. h. Entfernung der demselben noch anhängenden braunen Syruptheilchen. Dies geschieht a) durch Wiederauflösen des Rohzuckers in wenig Wasser; b) durch Filtriren der braunen Auflösung durch grobgestossene Knochenkohle, welche den Farbstoff zurückhält; c) durch Ein-

kochen der entfärbten Lösung in luftleer gemachten Kesseln (Vacuumpfannen). Lässt man den concentrirten Zuckersaft dann in den Zuckerhutformen unter öfterem Umrühren erkalten, so erhält man in Folge der gestörten Krystallisation eine aus lauter kleinen, zerbrochenen Kryställchen bestehende feste Masse, den gewöhnlichen Hutzucker, aus dem man den letzten Rest von Schleimzucker dadurch verdrängt, dass man eine concentrirte Lösung von krystallisirbarem Zucker allmälig hindurchsickern lässt (Decken). Der aufs Vollständigste gereinigte, blendend weisse Zucker heisst Raffinade, der weniger vollständig raffinirte, gelbliche, Melis.

620. Candiszucker. *Versuch.* Man löse 20 Grm. Zucker in 10 Grm. heissem Wasser auf: die erhaltene dickliche Lösung führt den Namen weisser Syrup. Wird dieser in einer Tasse an einen warmen Ort gestellt, so scheidet sich daraus beim langsamen Verdunsten des Wassers der Zucker, in geschobenen sechsseitigen Säulen krystallisirt, aus. Auf ähnliche Weise bereitet man im Grossen aus raffinirtem Zucker den weissen Candis, aus Rohzucker den braunen Candis. Da die Krystalle sich viel lieber an Körpern mit rauher Oberfläche, als an solchen mit glatter absetzen, so spannt man oft dünne Fäden oder Holzstäbchen in den Krystallisationsgefässen auf, die sich sehr bald mit Krystallkrusten überziehen.

Fig. 180.



Die weiteren Eigenschaften sind in den folgenden zwei Abschnitten mit angegeben.

Unterscheidung des Rohr- und Krümelzuckers und Zuckerbestimmung.

621. Unterscheidung des Rohrzuckers vom Krümelzucker. Der Rohrzucker schmeckt, wie angegeben, viel süsser als der Traubenzucker, er hat daher als versüssendes Mittel einen weit höheren Werth als der letztere. Unter dem jetzt im Handel vorkommenden Farinzucker und Syrup trifft man nicht

selten Sorten an, die ganz oder theilweise aus Stärkezucker oder Stärkesyrup bestehen. Nach folgenden Methoden lassen sie sich von einander unterscheiden.

Verhalten gegen Schwefelsäure und Kali. *Versuch.* Man übergiesse in einem Probirgläschen ein Stückchen Rohrzucker, in einem anderen einige Zuckerkrümel aus einer Rosine mit starker Schwefelsäure: der Rohrzucker wird bei gelindem Erwärmen schwarz, er verkohlt unter Erhitzung und Bildung von Ameisensäure; der Traubenzucker geht in Zuckerschwefelsäure über und wird nicht geschwärzt.

Verhalten gegen alkalische Kupferlösung. *Versuch.* Zu den Zuckerlösungen bringe man zuerst einige Tropfen von aufgelöstem Kupfervitriol, dann Kalilauge bis zum gelinden Ueberschuss und stelle beide Gläschen in heisses Wasser: die Flüssigkeit mit dem Krümelzucker wird in wenigen Minuten rothgelb werden, die mit Rohrzucker dagegen blau bleiben. Der Traubenzucker ist im Stande, dem Kupferoxyd die Hälfte seines Sauerstoffs zu entziehen, wodurch rothgelbes Oxydul gebildet wird (447). Der Zucker verwandelt sich durch den aufgenommenen Sauerstoff zum Theil in Ameisensäure und Kohlensäure. Selbst in tausendfach verdünnten Lösungen lässt sich auf diese Weise der Traubenzucker (ebenso auch der Schleimzucker und Milchzucker) noch deutlich erkennen. Rohrzucker und Dextrin, auf gleiche Weise behandelt, liefern erst bei längerem Kochen Kupferoxydul; Gummi giebt einen blauen Niederschlag.

622. Zuckerbestimmung durch Titriren. Das angegebene Verhalten lässt sich selbst zur quantitativen Bestimmung des Zuckers nach der Titrirmethode benutzen. Eine hierzu besonders geeignete Probeflüssigkeit bereitet man sich aus 20 Grm. krystallisirtem kohlensauren Natron, 20 Grm. gestossenem Weinstein (Cremor tartari), 15 Grm. Aetzkali und 100 Grm. Wasser, die man in einem Schälchen bis zum Kochen erhitzt; ebenso bereitet man sich eine Lösung aus 10 Grm. Kupfervitriol und 60 Grm. Wasser, und mischt dann beide Lösungen unter einander. Die so dargestellte tiefblaue Flüssigkeit lässt sich in verschlossenen Gefässen längere Zeit, ohne sich zu än-

dern, aufbewahren. Erhitzt man eine bestimmte Menge davon (etwa 40 bis 50 Grm.) in einem Porzellanschälchen bis zum Kochen und setzt aus einer Bürette eine sehr dünne Traubenzuckerlösung, deren Zuckergehalt man genau weiss, so lange, zuletzt tropfenweise zu, bis die über dem Niederschlage von Kupferoxydul stehende Flüssigkeit eben ihre blaue Farbe völlig verloren hat, so erfährt man die zur Zersetzung der angewendeten Probeflüssigkeit nöthig gewesene Zuckermenge und kann nun die auf diese Weise titrirte Flüssigkeit zur quantitativen Prüfung anderer zuckerhaltiger Flüssigkeiten benutzen.

Fig. 181.



Eine Normallösung von Traubenzucker erhält man, wenn man 10 Grm. trocknen, weissen Candiszucker in der vierfachen Menge Wasser löst, die Lösung mit 5 Tropfen englischer Schwefelsäure versetzt, einige Minuten kocht und mit so viel Wasser verdünnt, dass das Ganze 500 Cubikcentimeter beträgt. 10 Cubikcentimeter der Flüssigkeit enthalten dann genau $^1/_5$ Grm. in Traubenzucker verwandelten Rohrzucker aufgelöst. Will man Flüssigkeiten, welche Rohrzucker enthalten, z. B. den Saft der Zuckerrüben, auf diese Weise untersuchen, so muss man auch diesen vorher mit einigen Tropfen Schwefelsäure kochen (624).

Eine andere, überaus scharfe Methode der Zuckerbestimmung wird mittelst eines optischen Instruments durch die sogenannte Circularpolarisation ausgeführt, sie gründet sich auf die Eigenschaft des Rohrzuckers und Traubenzuckers als Lösung die Polarisationsebene nach rechts zu drehen und eine Reihe von regenbogenfarbigen Ringen zu erzeugen. Der Schleimzucker lenkt die Polarisationsebene nach links ab.

Veränderungen des Zuckers.

623. Veränderung durh Hitze. *Versuch.* Man koche in einem Schälchen 20 Grm. Zucker mit 5 Grm. Wasser so lange, bis die zähe Auflösung eben anfängt, eine gelbliche Farbe anzunehmen, dann giesse man die letztere auf ein Blech aus, auf

dem man vorher einen Tropfen Baumöl verrieben hat. Die glasähnliche, spröde Masse ist geschmolzener Zucker in amorphem Zustande (Gerstenzucker oder Bonbons). Durch das Wasser wird der Zucker erst gelöst, beim Kochen verdampft das Wasser aber wieder, und der Zucker geht allmälig aus dem aufgelösten Zustande in den geschmolzenen über. Die gelbliche Farbe zeigt an, dass alles Wasser fort ist und der Zucker eben auf dem Punkte steht, brenzlich zu werden. Hebt man den durchsichtigen Zucker einige Wochen auf, so wird er undurchsichtig und krystallinisch und lässt sich dann leicht zerbrechen und zerkauen (er stirbt ab); dieses Verhalten ist deswegen von wissenschaftlichem Interesse, weil es abermals (393) deutlich zeigt, dass auch die Molecüle fester Körper ihre Stellung gegen einander ändern können.

Gebrannter Zucker. *Versuch.* Man wiederhole den vorigen Versuch, jedoch ohne das Erhitzen beim Auftreten der gelben Farbe zu unterbrechen: der Zucker wird sich immer dunkler, endlich braunschwarz färben und dabei einen eigenthümlichen brenzlichen Geruch verbreiten. Beim Erkalten erhält man ihn jetzt als eine fast schwarze, harte Masse, die an der Luft bald zu einem dunklen Syrup zerfliesst und gebrannter Zucker oder Caramel genannt wird. Ein Paar Tropfen davon geben einem grossen Glase voll Wasser das Ansehen von Rum; dieser starkfärbenden Kraft wegen ist der gebrannte Zucker sehr in Gebrauch gehommen, um damit Liqueuren, Essig, Weingeist etc. eine gelbe oder braune Farbe mitzutheilen.

Verbrennen des Zuckers. *Versuch.* Noch stärker erhitzt, verkohlt der Zucker und verbrennt endlich, ähnlich wie Holz, wie man leicht sehen kann, wenn man ein Stückchen davon auf einem Platinbleche über eine Weingeistlampe hält. Die dabei erscheinende Flamme zeigt zugleich an, dass sich brennbare Gase entwickeln. Reiner Zucker darf keinen Rückstand hinterlassen; ist er kalkhaltig, so bleibt eine weisse Asche auf dem Bleche zurück, die sich auch bei starkem Glühen nicht verflüchtigt.

624. Veränderung durch Säuren. *Versuch.* Bringt man zu einer dicken, kochenden Zuckerlösung einige Tropfen

Citronensaft oder ein wenig Weinsäure, so wird diese sogleich dünnflüssig und giebt beim Abdampfen keine Krystalle mehr; hieraus erklärt es sich, warum die süssen Fruchtsäfte, in denen immer organische Säuren vorhanden sind, beim Einkochen nur einen dicken Syrup, nicht aber einen festen Zucker liefern. Untersucht man die Zuckerlösung mittelst der Kupferprobe (622), so findet man eine starke Ausscheidung von Kupferoxydul; der Rohrzucker ist durch das Kochen mit organischen Säuren in Traubenzucker und Schleimzucker verwandelt worden. Diese Verwandlung erfolgt auch noch auf mannichfache andere Weise, z. B. durch blosses langes Kochen von Zuckerlösungen, durch kürzeres Kochen derselben mit verdünnter Schwefelsäure, durch Gährung etc. Wird Zucker bei Luftzutritt sehr lange mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, so geht er endlich in braune, humusähnliche Körper über. Mit Salpetersäure und anderen Säuren, die Sauerstoff abgeben, gekocht, oxydirt er sich stufenweise erst zu Zuckersäure, dann zu Kleesäure, endlich zu Kohlensäure und Wasser.

625. Veränderung durch Basen. Rohrzucker und Traubenzucker verbinden sich auf nassem Wege, als ob sie Säuren wären, mit Salzbasen in bestimmten Verhältnissen und verlieren dabei ihren süssen Geschmack (Saccharate). Hierauf beruht die Eigenschaft der Zuckerlösungen, grosse Mengen von unlöslichen Basen, z. B. Kalkhydrat, Baryterdehydrat, Bleioxyd aufzulösen. Auf trocknem Wege wird der Zucker durch Kalihydrat in derselben Weise in organische Säuren u. a. übergeführt, wie bei der Cellulose angegeben worden (569).

Schleimzucker oder Syrupzucker.

$C_{12}H_{12}O_{12}$ ($\text{Є}_6H_{12}\Theta_6$).

626. Mit diesem unbestimmten Namen bezeichnet man gemeinhin alle diejenigen Zuckerarten, die beim Abdampfen keine feste, krystallinische oder körnige, sondern eine glasartig-amorphe Masse geben, welche beim Liegen an der Luft wieder Wasser anzieht und zerfliesst. Der Schleimzucker findet sich in Verbindung mit Traubenzucker im Honig und dem Safte der reifen

Früchte, man nennt ihn daher auch Fruchtzucker. Dass beide Zuckerarten auch durch Einwirkung verdünnter Säuren aus Rohrzucker gebildet werden, wurde schon in 624 bemerkt. Dieselbe Umwandlung findet auch beim Reifen der Früchte statt, denn die unreifen Früchte enthalten Rohrzucker, die reifen dagegen ein Gemenge von Traubenzucker und Schleimzucker.

Der Schleimzucker ist leicht in Wasser und wasserhaltigem Weingeist löslich und verhält sich gegen alkalische Kupferlösung wie der Traubenzucker, weicht aber dadurch von ihm ab, dass er die Polarisationsebene nach links ablenkt.

Milchzucker.

$$(C_{12}H_{11}O_{11} + HO\ (\text{Є}_{12}H_{22}\Theta_{11} + H_2\Theta.)$$

627. Diese besondere, nur in der Milch vorkommende Zuckerart wird hauptsächlich in der Schweiz durch Abdampfen der nach Abscheidung des Käses sammt der Butter durch Lab verbleibenden süssen Molken erhalten; sie stellt harte, farblose Krystallmassen (vierseitige Prismen) dar, die noch viel weniger süss schmecken als der Traubenzucker, und 6 Thle. kaltes Wasser brauchen, um sich aufzulösen. Wie dieser lenkt der Milchzucker die Polarisationsebene nach rechts ab und scheidet aus alkalischer Kupferlösung rothes Kupferoxydul ab. Mit Hefe wird er, dem Rohrzucker ähnlich, erst dann in Gährung versetzt, wenn er durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure sich in eine Art Krümelzucker, Lactose genannt, umgewandelt hat.

Bekanntlich wird süsse Milch sauer, wenn sie einige Tage steht; dieses Sauerwerden rührt von dem Milchzucker her, der sich, unter dem Einfluss des Käses, allmälig in eine eigenthümliche Säure, Milchsäure, verwandelt.

Zuckerähnliche Pflanzenbestandtheile.

628. Mannit. Den Kohlenhydraten nahe stehend ist noch der Mannit oder Mannazucker. Dieser sehr süss schmeckende, in farblosen Prismen krystallisirende und in Wasser und Weingeist lösliche Stoff macht den Hauptbestandtheil der Manna, des

eingetrockneten Saftes einiger, vornehmlich in Italien wachsenden Eschenarten, aus. In kleineren Mengen kommt er noch in vielen Pflanzen, z. B. im Sellerie, in Seegräsern, in Schwämmen, im Splint des Lärchenbaums vor. Auch aus Zucker kann er sich bilden, wenn dieser der sogenannten schleimigen Gährung unterliegt. In geistige Gährung kann der Mannit durch Hefe nicht versetzt werden, wohl aber ist er darin dem Traubenzucker ähnlich, dass er sich mit Basen und mit Schwefelsäure (Mannitschwefelsäure) verbindet. Nitromannit krystallisirt in feinen Nadeln, die durch einen Schlag mit heftigem Knall explodiren.

Dem Mannit ähnliche, süss schmeckende und krystallisirbare Stoffe hat man weiter gefunden: in den Vogelbeeren (Sorbit), in den Eicheln (Quercit), in den unreifen Bohnen und der Fleischflüssigkeit (Inosit) u. a. m.

Rückblick auf die bisher betrachteten Pflanzenstoffe.

(Pflanzenfaser, Stärke, Gummi, Schleim und Zucker.)

1) Organische Stoffe sind solche chemische Verbindungen, die sich in Thieren und Pflanzen während des Lebens derselben erzeugen (Educte).

2) Wir bezeichnen mit diesem Namen aber auch noch die zahllosen chemischen Verbindungen, welche aus den natürlich vorkommenden Thier- und Pflanzenstoffen entstehen, wenn sie sich, mit oder ohne unser Zuthun, verändern (Producte).

3) Die organischen Stoffe verändern sich ungemein leicht. Wir bemerken solche Veränderungen:

a) in den lebenden Pflanzen und Thieren (Keimen, Reifen etc. — Athmen, Verdauung etc.);

b) in den todten Pflanzen und Thieren (Gährung, Fäulniss, Verwesung etc.);

c) beim Erhitzen der Thier- und Pflanzenstoffe (Verkohlen, Verbrennen etc.);

d) bei der Behandlung derselben mit Säuren, Basen etc.

4) Bei allen diesen Veränderungen vergeht nur die Gestalt der organischen Körper: die Grundstoffe, aus denen sie bestehen, sind unveränderlich, sie verschwinden deswegen nur oft für unser Auge, weil sie luftförmige Gestalt annehmen.

5) Es ist neuerdings gelungen, viele natürliche organische Verbindungen künstlich zusammenzusetzen und nachzubilden, doch nur solche, welche keine organische Structur besitzen.

6) Die vier Organogene: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, sind die Hauptbestandtheile (Elementar-Bestandtheile) von Allem, was da lebt und gelebt hat. Hierzu treten nur noch einige wenige unorganische Stoffe, als: Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium etc.

7) Die genannten vier Elemente, zumal der vierwerthige Kohlenstoff, besitzen die Fähigkeit, sich in unbegrenzter Weise unter einander zu verbinden, ja nicht nur unter einander, sondern auch ausserdem mit vielen unorganischen Stoffen; die Zahl der organischen Verbindungen geht daher ins Unendliche.

8) Die Verschiedenheit der organischen Stoffe liegt hiernach nicht, wie bei den unorganischen Stoffen, in der Mannichfaltigkeit der Bestandtheile, sondern in der Fähigkeit der Atome der Organogene, in den verschiedensten Mengen zu sehr complicirten Molecülen und isomeren Verbindungen zusammenzutreten.

9) Unter den im Pflanzenreiche vorkommenden Atomgruppen oder näheren Bestandtheilen gehören Pflanzenfaser, Stärke, Gummi (Dextrin), Schleim und Zucker zu den am allgemeinsten verbreiteten; sie finden sich in jeder Pflanze vor.

10) Dieselben haben weder saure noch basische Eigenschaften; man nennt sie deshalb indifferente Pflanzenstoffe.

11) In ihrer Zusammensetzung zeigen sie eine sehr grosse Aehnlichkeit; sie bestehen nämlich nur aus den drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (sie sind stickstofflos, Nl), und zwar enthalten sie Sauerstoff und Wasserstoff immer in demselben Verhältnisse, wie im Wasser, nämlich zu gleichen Aequivalenten, daher die gemeinschaftliche Bezeichnung Kohlenhydrate. Die Futterchemie unterscheidet sie noch in lösliche (Extractstoffe) und unlösliche (Pflanzenfaser oder Rohfaser).

12) Genaueres über ihre eigentliche chemische Constitution und die ihnen zu Grunde liegenden Radicale ist noch nicht erforscht, man drückt ihre Zusammensetzung daher nur durch empirische Formeln aus.

13) Diese näheren Bestandtheile des Pflanzenreichs machen einen Hauptbestandtheil aller unserer vegetabilischen Nahrungsmittel aus; sie spielen daher eine sehr wichtige Rolle bei dem thierischen Lebensprocesse.

VI. Eiweissartige Stoffe oder Proteïnstoffe (Nh).

629. Proteïnstoffe. Eiweiss, Legumin (Pflanzencaseïn) und Kleber. Bei der Pflanzenfaser und der Stärkebereitung ist bereits gezeigt worden, was man unter Pflanzen-Eiweiss, -Caseïn und Kleber zu verstehen habe, und dass alle Pflanzen in ihrem Safte einen oder mehre dieser Körper enthalten, die dadurch ausgezeichnet sind, dass sie einen löslichen und einen unlöslichen Zustand annehmen können und bei fast gleicher Zusammensetzung sehr reich an Stickstoff, nächst dem an Schwefel sind. Man kann das Eiweiss als den Typus derselben ansehen und sie als eiweissartige Stoffe zusammenfassen, mit etwa folgender procentischer Zusammensetzung: Stickstoff 16, Kohlenstoff 53, Wasserstoff 7, Sauerstoff 22,5, Schwefel 1,5 nebst einer kleinen Menge Phosphor. Mit dem Namen Proteïnstoffe belegte man sie, weil man glaubte, es sei in ihnen ein gemeinschaftliches organisches Radical (Proteïn) enthalten; dieser Name mag daran erinnern, dass sie die ersten und wichtigsten Nährstoffe für Menschen und Thiere darstellen (631). Die von Natur unlöslichen oder durch Coagulirung unlöslich gewordenen Proteïnstoffe lösen sich beim Erhitzen in schwacher Kalilauge, von welchem Verhalten man bei der Futteranalyse Gebrauch macht. Der Kleber löst sich auch in verdünnter Essigsäure auf; auf diese Weise entfernt man denselben in den Stärkefabriken aus der rohen Weizenstärke. Bei der mikroskopischen Untersuchung erkennt man die Proteïnstoffe dadurch, dass sie durch starke Salpetersäure gelb, durch salpetersaure Quecksilberlösung roth, durch Kali und schwefelsaures Kupferoxyd schön violett gefärbt werden.

Eiweiss. Das Pflanzeneiweiss (Albumin) ist im Wasser löslich, wird aber durch Kochen unlöslich, es coagulirt oder gerinnt. Es findet sich besonders reichlich in den jungen Gemüsepflanzen und in den ölreichen Samen, z. B. in den Mandeln, Raps-, Lein-, Mohnsamen etc. (595).

Caseïn. Das Legumin oder Pflanzencaseïn ist in alkalischem Wasser löslich, es gerinnt jedoch nicht durch Kochen, wohl aber, wenn man vorsichtig etwas Säure zu einer Auflösung davon hinzubringt. Sehr reich daran sind die Hülsenfrüchte, als Erbsen, Bohnen, Linsen etc. (596).

Kleber. Der Kleber (Gluten) verhält sich geronnenem Eiweiss und Caseïn ähnlich, ist unlöslich in Wasser und macht einen Hauptbestandtheil der Getreidekörner aus (597). Durch Kochen mit Weingeist lässt er sich in unlösliches Pflanzenfibrin und löslichen Pflanzenleim trennen. Das erstere ist noch weiter in Glutenfibrin und Glutencaseïn oder Paracaseïn, der letztere in Gliadin und Mucin oder Mucedin geschieden worden.

Das bei dem Keimen der Samen sich erzeugende Diastas und die bei der geistigen Gährung derselben sich erzeugende Hefe sind als veränderte Proteïnstoffe anzusehen.

630. Schwefel der Proteïnstoffe. *Versuch.* Man koche einige zerklopfte Erbsen mit schwacher Kalilauge und zwar so lange, bis ein Tropfen der Flüssigkeit auf Bleipapier (Papier, welches man mit einer Bleizuckerlösung bestrichen hat) einen braunen Fleck hervorbringt. Die dunkle Farbe des Bleipapiers rührt von Schwefelblei her; sie zeigt also an, dass durch das Kali etwas Schwefel (als Schwefelkalium) aus den Erbsen auflöslich gemacht worden ist. Setzt man jetzt zu der Flüssigkeit einige Tropfen Schwefelsäure oder Salzsäure hinzu, so giebt sich die Gegenwart des Schwefels auch durch den Geruch zu erkennen; es entwickelt sich nämlich Schwefelwasserstoffgas. Ganz ähnlich verhalten sich Pflanzeneiweiss und Kleber, wenn man sie auf gleiche Weise behandelt. Das Anlaufen von silbernen Löffeln, wenn sie längere Zeit in gekochten Erbsen etc. stecken bleiben, erklärt sich einfach daraus, dass sich auf der Oberfläche derselben etwas Schwefelsilber bildet.

631. Proteïnstoffe als Nahrungsmittel. Genaue Versuche haben gelehrt, dass die Hauptbestandtheile des Körpers der Thiere dieselbe Zusammensetzung haben, wie die genannten Proteïnstoffe des Pflanzenreichs, und man hat daraus den Schluss gezogen, dass diese letzteren es sind, woraus bei denjenigen Thieren, welche sich lediglich durch Pflanzen ernähren, die Bestandtheile ihres Körpers gebildet werden. In der That wird dieser Schluss auch durch die Zusammensetzung des Blutes aufs Vollständigste bestätigt, denn auch dessen Hauptbestandtheile sind eiweissartige Stoffe (Eiweiss und Thierfibrin). Da nun das Blut der Vermittler der Ernährung ist, indem aus den Nahrungsmitteln zuerst Blut, aus dem Blute aber sodann alle übrigen Theile des Thierkörpers entstehen, so liegt die Folgerung sehr nahe: dass aus dem Eiweiss Legumin und Kleber, die wir in der Gestalt von Kartoffeln, Erbsen, Brot etc. geniessen, die eiweissartigen Stoffe des Blutes, aus diesen aber die der übrigen Körpertheile gebildet werden. Aus diesem Grunde können die erwähnten stickstoffhaltigen Stoffe (Nh) auch mit dem Namen Blutbildner bezeichnet werden, und deswegen lässt sich auch die Nährfähigkeit der Nahrungsmittel annähernd nach ihrem Gehalte an Stickstoff abschätzen. Der Landwirth nennt die proteïnreichen Futtermittel Kraftfutter.

Veränderung der Proteïnstoffe durch Fäulniss und Verwesung.

632. Fäulniss oder Ammoniakbildung. *Versuch.* Man übergiesse Kleber, oder statt dessen etwas Schwarzmehl oder einige Erbsen in einer Flasche mit Wasser, verbinde die Flasche durch ein Glasrohr mit einer zweiten, in welcher sich ein Querfinger hoch Wasser befindet, und stelle sie an einen mässig warmen Ort. In die erste Flasche klemmt man ausserdem noch einen Streifen Bleipapier zwischen dem Korke und Glashalse fest, so dass er ein Stück ins Glas herabhängt. Man wird, bei warmer Temperatur schneller, bei kühler Temperatur langsamer, folgende Veränderungen wahrnehmen:

a) aus dem Glasrohre entweichen Gasblasen; sie bestehen aus Kohlensäure (Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffen), wie man an der Trübung sieht, welche entsteht, wenn man etwas Kalkwasser in das zweite Gläschen schüttet;
b) das Bleipapier wird dunkel gefärbt, ein Zeichen von Schwefelwasserstoff-Erzeugung;
c) aus der über dem Kleber etc. stehenden Flüssigkeit entwickelt sich ein stechender, ammoniakalischer Geruch, wenn man etwas davon mit Kalk oder Kali erwärmt; es ist also auch Ammoniak erzeugt worden.

Vergleicht man diesen Zersetzungsprocess mit dem, welcher bei der Fäulniss stickstofffreier Körper (586. 587) eintritt, so ergiebt sich als Hauptunterschied: bei der Fäulniss der eiweissartigen Stoffe verbindet sich deren Stickstoff, Schwefel und Phosphor mit Wasserstoff zu Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff. Diese luftförmigen Stoffe hauptsächlich verursachen den höchst unangenehmen Geruch, den wir beim Verwesen oder Faulen der stickstoffhaltigen Körper, namentlich der Thierstoffe, wahrnehmen. Beim Fortschreiten dieser fauligen Zersetzung, welche einen Reductionsprocess darstellt, entstehen auch hier, wie bei der Holzfaser, braune, humusartige Stoffe.

633. Verwesung oder Salpeterbildung. *Versuch.* Man menge Leinmehl mit Holzasche und Sand zusammen und lasse dieses Gemenge zur Sommerzeit einige Monate an der Luft stehen, indem man es von Zeit zu Zeit mit Wasser anfeuchtet und durchsticht. Zieht man nach dieser Zeit das Gemenge mit heissem Wasser aus und verdampft die Lösung, so werden sich aus der letzteren beim Abkühlen säulenförmige Krystalle bilden, die auf glühenden Kohlen lebhaft verpuffen; sie sind Kalisalpeter.

Auch hierbei bildet sich aus dem Stickstoff des in dem Leinmehl in reichlicher Menge vorhandenen Pflanzeneiweisses durch die Fäulniss zuerst Ammoniak, allein dieses wird durch den prädisponirenden Einfluss starker Basen und die Gegenwart von Luft dazu bestimmt, in Verwesung überzugehen, d. h. Sauerstoff aus der Luft anzuziehen, wodurch aus seinem Wasserstoff Wasser,

aus seinem Stickstoff Salpetersäure gebildet wird, welche letztere sich mit dem Kali und Kalk der Holzasche vereinigt.

$$\begin{array}{lcccc} \text{Aus Ammoniak} & = & N\ H_3 & \text{oder} & NH_3 \\ \text{und Sauerstoff} & = & O_5\ O_3 & \text{„} & \Theta_4 \\ \hline \text{werden Salpetersäure u. Wasser} & = & NO_5 + 3HO & \text{od.} & HN\Theta_3 + H_2\Theta \end{array}$$

Auf gleiche Weise erzeugen sich durch die Verwesung, welche einen *Oxydationsprocess* darstellt, kleine Mengen von Salpeter in der Ackererde aus den stickstoffhaltigen organischen Stoffen (Humus) und den vorhandenen mineralischen basischen Bestandtheilen (Kali, Kalk etc.). Da die salpetersauren Salze stark düngend (treibend) wirken, so muss ein Boden um so fruchtbarer werden, je mehr sich solche Salze in ihm erzeugen können. Ist mehr Salpeter im Boden, als zu dem Pflanzenwachsthum verbraucht wird, so geht dieser unzersetzt in den Saft der Pflanzen; so ist es bekannt, dass Runkelrüben, Taback und Borretsch auf sehr stark gedüngtem Boden, wie gleicherweise die auf Schutthaufen üppig wachsenden Pflanzen, als Bilsenkraut, Stechapfel etc., oft so reich daran sind, dass sie getrocknet auf glühenden Kohlen unter Funkensprühen verbrennen.

Wie ekelhaft uns die Producte der Verwesung und Fäulniss auch erscheinen mögen, so tragen sie doch nichtsdestoweniger den Keim der prächtigsten Verbindungen in sich; die schönste Pflanze ist aus solchen Verwesungsstoffen entstanden. Gerade die am widerlichsten riechenden, faulenden, stickstoffhaltigen Körper sind für unsere Felder und Gärten die kräftigsten Beförderungsmittel der Fruchtbarkeit, — die besten Düngemittel.

634. Ursachen der Fäulniss und Verwesung. Die ausserordentliche *Leichtigkeit*, mit welcher die *Proteïnstoffe* in *Zersetzung* übergehen, wenn sie im feuchten Zustande der Luft ausgesetzt, oder auch nachher ohne Luftzutritt aufbewahrt werden, erklärte man bisher aus den *zusammengesetzten* Atomverhältnissen derselben (552), denen zufolge ihre Elemente das Bestreben haben, sich zu *einfacheren* Verbindungen umzusetzen. Mikroskopische Forschungen haben aber erwiesen, dass Gährung und Fäulniss durch die in der Luft immer enthaltenen Keime oder Sporen von Infusorien und Pflanzen eingeleitet werden, welche die Proteïnstoffe zu ihrer Ernährung

verwenden und auf deren Kosten mit unglaublicher Schnelligkeit sich zu mikroskopischen Pflänzchen (Hefe, Schimmel, Pilze) oder mikroskopischen Thierchen entwickeln. So sieht man als Gährungerreger und Begleiter an: Saccharomyces und Mycoderma, als Verwesungerreger und Begleiter: Mycoderma, Mucor, Penicillium, Oidium etc., als Fäulnisserreger und Begleiter: Micrococcus, Vibrio, Bacillus, Bacterium etc., — die keinen Sauerstoff zu ihrer Existenz zu bedürfen scheinen und sich ohne Luftzutritt in Flüssigkeiten und der normalen Ernährung entzogenen Pflanzenzellen zu entwickeln vermögen. Die Fähigkeit der Luft, Gährung, Verwesung und Fäulniss einzuleiten, wird durch starke Erhitzung oder Filtration derselben durch eine starke Schicht Baumwolle vernichtet. Während ihrer Umbildung in Pilze oder Infusorien wirken die Proteïnstoffe selbst als Fermente (636), gleichsam ansteckend, d. h. sie sind im Stande, auch solche Körper zum Zersetzen oder Zerfallen zu disponiren, welche für sich gar keine Neigung haben, in Gährung oder Fäulniss überzngehen. Der folgende Abschnitt handelt von einem solchen Zerfallen des Zuckers.

Rückblick auf die Proteïnstoffe.

(Eiweiss, Caseïn, Kleber.)

1) Die Proteïnstoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie ausser Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff auch noch Stickstoff und Schwefel (nebst kleineren Mengen von Phosphor) enthalten. Ihre nähere chemische Constitution ist noch nicht ermittelt.

2) Wegen dieser complicirten Beschaffenheit zersetzen sie sich sehr leicht; charakteristisch für sie sind die meist durch aus der Luft hinzugetretene Pilzkeime und Sporen (Fermente) eingeleiteten Zersetzungen, welche man unter den Namen Gährung, Fäulniss und Verwesung begreift.

3) Kommen die Proteïnstoffe, während sie gähren, faulen oder verwesen, mit anderen organischen Stoffen zusammen, so bewirken sie häufig, dass diese ebenfalls eigenthümliche Zerlegungen erfahren (Fermente).

4) Alle Pflanzen enthalten, wenn auch nicht immer in grosser Menge, einen oder mehrere dieser Stoffe; wir schliessen aus dieser allgemeinen Verbreitung auf eine wichtige Bestimmung derselben.

5) Diese Bestimmung besteht ohne Zweifel darin, dass durch sie die Ernährung und das Wachsthum der Thiere vermittelt werden soll.

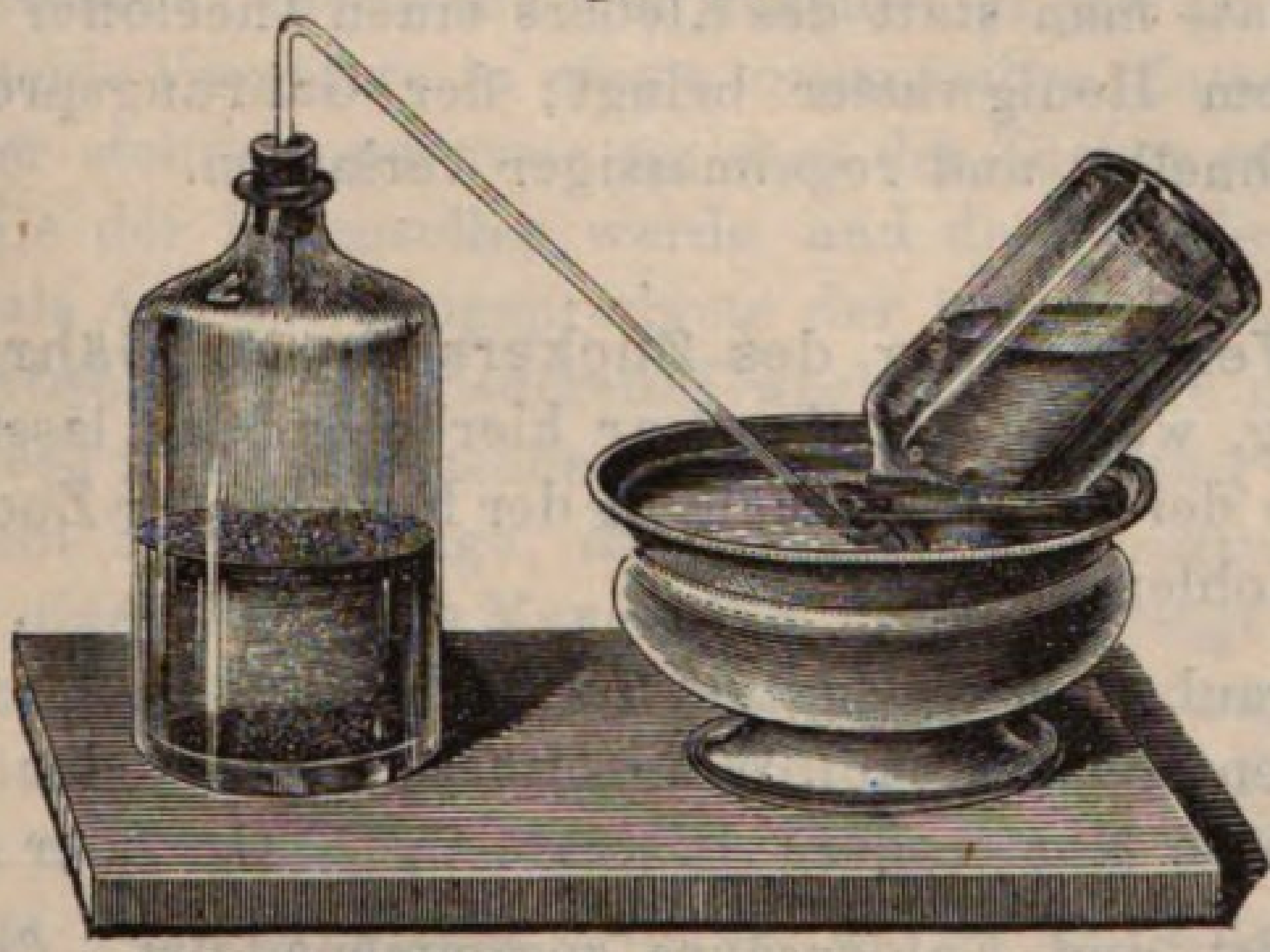
6) Bei dieser Verwendung dienen die Proteïnstoffe (Nh) zur Erneuerung und Vermehrung der Körpertheile (plastische Nährmittel), während den Kohlenhydraten (Nl) die Aufgabe zufällt, die Wärme des Thierkörpers durch den Athmungsprocess zu unterhalten (Respirationsmittel).

VII. Verwandlung des Zuckers in Weingeist.

(Geistige Gährung.)

635. Gährung von Honig. *Versuch.* 30 Grm. Honig werden in $1/_4$ Liter Wasser gelöst und zu der Lösung etwas von

Fig. 182.



dem in Zersetzung begriffenen Kleber oder Caseïn aus dem Versuche 632 gebracht: die Flüssigkeit wird an einem mässig

warmen Orte (bei 18 bis 24° C.) bald in Gährung gerathen und eine reichliche Menge von Gas entwickeln. Stellt man den Versuch in einem mit einer gebogenen Glasröhre versehenen Fläschchen an und leitet die Glasröhre in ein zweites, mit Wasser gefülltes Gläschen, welches verkehrt in einer pneumatischen Wanne aufgestellt ist, so lässt sich das Gas leicht auffangen; es besteht aus Kohlensäure. Schmeckt die Flüssigkeit nach dem Aufhören der Gasentwickelung noch süss, so setzt man noch eine neue Portion von dem Kleber hinzu, wodurch die Gährung von Neuem hervorgerufen wird. Am Ende wird aller Zuckergeschmack verschwunden sein und die Flüssigkeit dafür einen branntweinartigen (geistigen) Geschmack angenommen haben. Man nennt die gegohrene Flüssigkeit Meth; sie enthält statt des Zuckers Weingeist, und dieser ist Ursache, dass ihr Genuss berauschend wirkt. Von dem Kleber findet man einen Theil, in einen bräunlichen Schlamm umgeändert, am Boden des Gefässes.

Wie der faulende Kleber, so wirken alle in Zersetzung begriffenen eiweissartigen Stoffe, z. B. alter Käse, faulendes Fleisch, Blut etc.; am stärksten aber besitzt diese gährungerregende Kraft der veränderte Kleber der Gerste, den man in grosser Menge als Nebenproduct bei dem Brauen des Bieres erhält, die Hefe.

Versuch. Man wiederhole den vorigen Versuch mit der Abänderung, dass man statt des Klebers einen Theelöffel voll Bierhefe zu dem Honigwasser bringt; der Gährungsprocess wird jetzt viel schneller und regelmässiger verlaufen.

636. Veränderung des Zuckers durch Gährung. Die Veränderung, welche der Zucker hierbei erfährt, lässt sich recht deutlich aus der Zusammenstellung der Formeln für Zucker, Weingeist und Kohlensäure ersehen.

1 Mol. Traubenzucker besteht aus . $C_{12}H_{12}O_{12}$ oder $\Theta_6H_{12}\Theta_6$,
daraus entstehen 2 Mol. Weingeist $C_8H_{12}O_4$ oder $\Theta_4H_{12}\Theta_2$
und 2 Mol. Kohlensäure $C_4\ O_8$ oder $\Theta_2\ \Theta_4$.

Weingeist und Kohlensäure zusammenaddirt, drücken die Zusammensetzung des Zuckers aus. Der Traubenzucker zerfällt also bei der Gährung in Weingeist und Koh-

lensäure. Ausserdem erzeugen sich hierbei immer noch kleine Mengen von Glycerin und Bernsteinsäure.

Weingeist und Kohlensäure waren vorher nicht fertig gebildet im Zucker, sondern sie sind neue Producte einer eigenthümlichen Zerlegung desselben; eigenthümlich deswegen, weil sie sich ausschliesslich auf die Elemente des Zuckers beschränkt, ohne dass von diesen etwas weggeht oder etwas hinzutritt.

Fermente. Auch der faulende Kleber wirkt auf dieselbe eigenthümliche Art, denn er ruft eine Zersetzung des Zuckers hervor, ohne sich doch mit dem Zucker zu verbinden oder ihm etwas zu nehmen oder zu geben; seine Wirkungsweise hat Aehnlichkeit mit der der Schwefelsäure, wenn diese Stärke in Zucker umgewandelt (605). Von der eben gedachten Wirkung der Schwefelsäure ist aber die des Klebers wieder deswegen verschieden, weil er selbst nicht unverändert bleibt, sondern während der Gährung in Folge aus der Luft hinzugetretener Keime oder Sporen zu mikroskopischen Pilzen verschiedener Arten oder Formen (Saccharomyces cerevisiae, S. conglomeratus, S. exiguus, S. Pastorianus etc.) auswächst, welche die Hefe darstellen.

Man hat sonach in der gährenden Flüssigkeit zweierlei neben einander vor sich gehende Veränderungen: 1) die vegetative Umbildung des gelösten stickstoffhaltigen Klebers in Hefenzellen, 2) die chemische Zerspaltung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure. Neuere Untersuchungen machen es jedoch wahrscheinlich, dass beide Vorgänge in einem organischen Zusammenhange mit einander stehen, und zwar so, dass der Zucker erst zu einem Bestandtheile der Hefenzellen werde und dass Kohlensäure und Weingeist als Ausscheidungsproducte der letzteren zu gelten haben. Bei Abschluss von Sauerstoff wächst die Hefe nicht weiter und nur diese nicht wachsende Hefe vermag Gährung zu erregen. Hiermit steht im Einklange, dass durch eine begrenzte Hefenmenge nur eine bestimmte Menge von Zucker zerlegt und durch eine begrenzte Zuckermenge nur eine bestimmte Menge von Hefe gebildet wird. Die Gährung kann in dem einen Falle wegen Mangels an stickstofffreiem Material (Zucker) zum Stillstand kommen, in dem anderen wegen Mangels an stickstoffhaltigem Material (Kleber etc.). Nach dem lateinischen Worte für Gährung *fermentatio*, nennt man solche Körper, welche im Stande sind,

Gährungen hervorzurufen, Fermente. Die Hefe ist das kräftigste Weingeistferment (641).

Gährung von Rohrzucker. Bringt man statt des Honigs eine Lösung von weissem Zucker (Rohrzucker) mit Hefe zusammen, so tritt die Gährung erst später ein, weil der Rohrzucker zuvor in Traubenzucker übergehen muss, ehe seine Zerlegung in Weingeist und Kohlensäure beginnen kann. Dieser Uebergang erfolgt unter Einwirkung des Ferments einfach durch Aufnahme von 1 Mol. Wasser.

Wein.

637. *Bereitung.* Alle süssen Pflanzensäfte gehen von selbst in Gährung über, ohne dass man ihnen ein Ferment zuzusetzen braucht, weil sie immer Zucker und einen der eiweissartigen Stoffe, also Eiweiss, Legumin oder Kleber, enthalten.

Versuch. Man bringe frisch gepressten Möhrensaft in eine Temperatur von ungefähr 20 bis 25° C.: der Saft wird bald brausen, Hefe absetzen und in eine geistige Flüssigkeit (Möhrenwein) übergehen. Auf gleiche Weise bereitet man sich aus Johannis- oder Stachelbeeren den Johannis- oder Stachelbeerwein, aus Aepfeln den Aepfelwein oder Cider, aus Kirschen durch Gährung und nachherige Destillation das sogenannte Kirschwasser etc.

Traubenwein. Am bekanntesten unter den Gährungen dieser Art ist die Gährung des Traubensaftes und das dadurch erzielte Product: der Wein. Um blanken Wein zu gewinnen, presst man die Trauben aus, füllt den Saft (Most) in Fässer und lässt ihn darin in dem Keller liegen. Da die Temperatur hier eine ziemlich niedrige ist, so geht die Gährung so langsam von Statten, dass sie erst in einigen Monaten vollendet ist. Der von der Hefe abgezogene junge Wein kommt in frische Fässer; er enthält noch eine kleine Quantität von Zucker und eiweissartigem Stoff, welche beide sich allmälig noch weiter, der erstere in Weingeist und Kohlensäure, der letztere in Hefe verwandeln (Nachgährung). Bei der Bereitung des Rothweins lässt man die zerquetschten blauen Trauben mit Schalen und Stielen zusammen abgähren, wobei sich aus den Schalen rother Farbstoff, aus den Stielen und Kernen aber Gerbstoff auszieht, welcher letztere

diesem Weine den beliebten zusammenziehenden Geschmack ertheilt. Moussirende oder brausende Weine (Champagner) werden dadurch erzeugt, dass die Nachgährung in verstopften Flaschen erfolgt, wobei die gebildete Kohlensäure in dem Weine zurückgehalten wird.

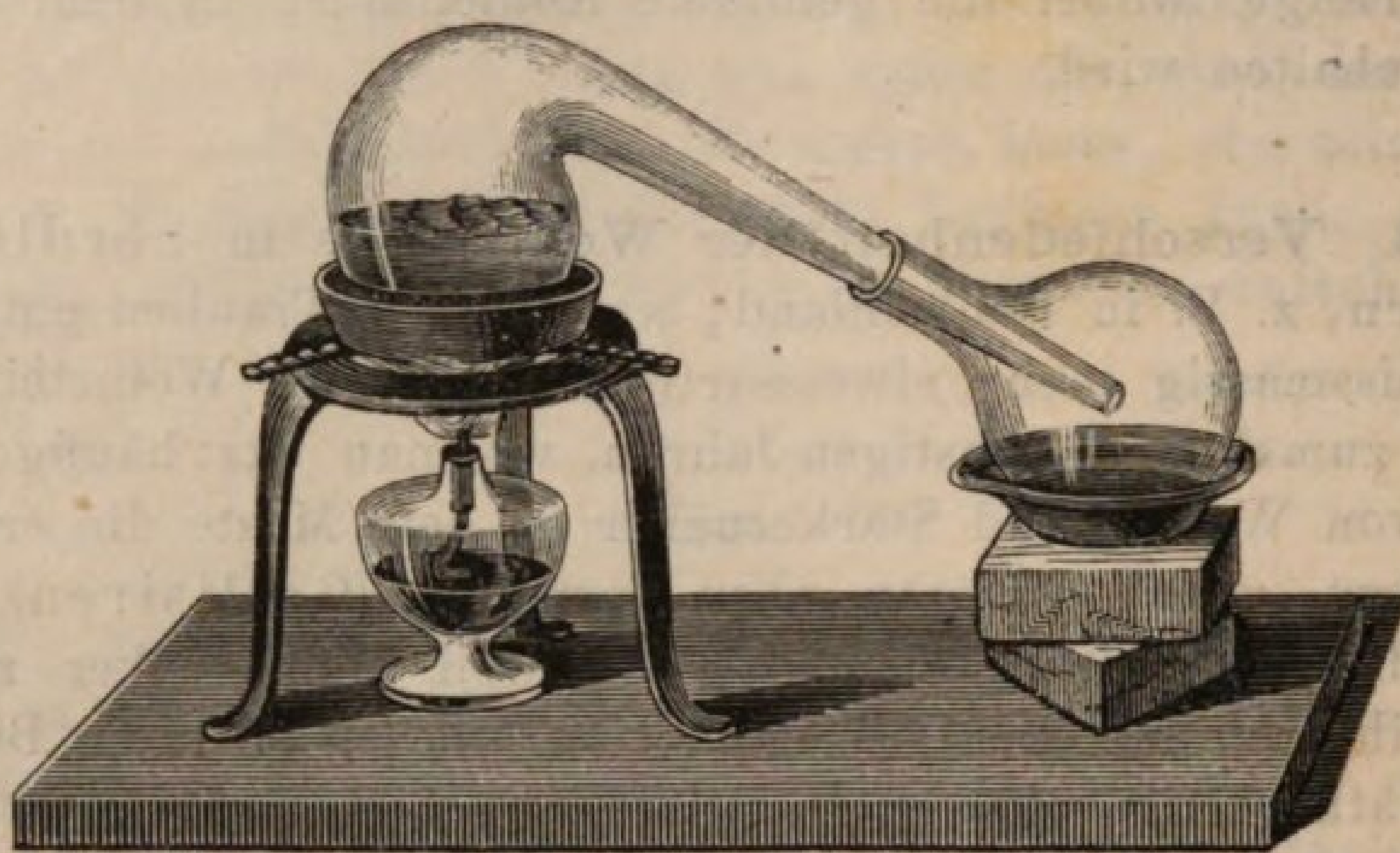
638. Verschiedenheit der Weine. Die in nördlichen Ländern, z. B. in Deutschland, wachsenden Trauben enthalten verhältnissmässig mehr eiweissartige Stoffe und Weinstein, als Zucker, zumal in ungünstigen Jahren, wo man jetzt häufig durch Zusatz von Wasser und Stärkezucker zu dem Moste die ersteren vermindert, den letzteren aber vermehrt (Gallisiren). Die Weine dieser Länder sind nicht süss, weil aller Zucker zerlegt wurde, ihr reicher Weinsäuregehalt veranlasst aber die Bildung feiner, ätherartiger Parfüms (Blume, Bouquet). Als die Ursache des eigenthümlichen, allen Weinen gemeinsamen Weingeruches sieht man den Oenanthyläther und Caproyläther an, welche man aus dem Fuselöl der Weintreber dargestellt hat.

In den Trauben südlicher Länder, z. B. Spaniens, wird in Folge der höheren Temperatur viel Zucker, dagegen weniger Weinstein und eiweissartiger Stoff gebildet. Hier reicht der letztere nicht hin, um bei der Gährung die Verwandlung des ganzen Zuckers zu bewirken, ein Theil davon bleibt deshalb unzerlegt und der gebildete Wein schmeckt süss. Ferner entstehen hierbei, weil es an der genugsamen Menge von Weinstein fehlt, keine besonderen Aetherarten oder Parfüms und deswegen besitzen die Weine dieser Art kein eigentliches Bouquet.

639. Spiritus aus Wein. *Versuch.* Wird Wein in eine Retorte gebracht und bei gelinder Erhitzung der Destillation unterworfen, so geht zuerst der flüchtigere Weingeist nebst dem Oenanthyläther, einem Gemisch verschiedener Aetherarten, über. Man erhält auf diese Weise einen sehr angenehm riechenden Spiritus, welcher im Handel unter dem Namen Cognac, Sprit oder Franzbranntwein bekannt ist. — In der Regel benutzt man in den Weinländern hierzu die beim Ziehen der Weine übrigbleibende Hefe, da diese in dem aufgequollenen, breiartigen

Zustande, wie sie sich in den Fässern ablagert, eine grosse Quantität von Wein mechanisch zurückhält.

Fig. 183.



Bier.

640. *Bereitung.* Nächst dem Wein sind Bier und Branntwein die wichtigsten gegohrenen Getränke. Die Darstellung derselben unterscheidet sich von der des Weins wesentlich dadurch, dass hierzu Materialien angewendet werden, welche keinen fertig gebildeten Zucker, sondern statt dessen Stärkemehl enthalten, als: Gerste, Weizen, Roggen, Kartoffeln etc. Das Stärkemehl kann nicht, wie der Zucker, direct in Weingeist und Kohlensäure zerfallen; um es zur Weingeistbereitung zu benutzen, muss es vorher in Zucker umgewandelt werden. Dies geschieht in den vorliegenden Fällen immer durch das Diastas des Gerstenmalzes (556) bei dem sogenannten Maischprocesse der Brauer und Branntweinbrenner.

Versuch. 20 Grm. zerquetschtes Malz werden mit einem Gemenge von 60 Grm. kaltem und 80 Grm. kochendem Wasser übergossen und einige Stunden an einen warmen Ort gestellt, wo die Mischung ungefähr eine Temperatur von 65 bis 70^0 C. erlangt; man erhält eine süsse Flüssigkeit, die aus Dextrin und Zucker besteht und in der sich zugleich etwas von dem im Malz enthaltenen Kleber, welcher hierbei auflöslich wird, befindet. Der Brauer nennt diese Flüssigkeit Würze. Man presst sie durch ein

Läppchen und kocht sie einige Zeit, bis sie klar und durchsichtig geworden ist, lässt sie dann bis 30° C. abkühlen und versetzt sie mit einem Theelöffel voll Bierhefe: sie wird bald in Gährung gerathen und nach einigen Tagen sich wieder klären; die klare, gegohrene Flüssigkeit ist Bier. Auf diese Weise bereitet man die nicht bitteren, sogenannten Weissbiere. Setzt man der Würze während des Kochens etwas Hopfen (Fruchtzapfen der Hopfenpflanze hinzu, so löst sich daraus ein aromatisch-bitterer Stoff (Lupulin) auf, der dem Bier nicht nur einen angenehmen und kräftigen Geschmack, sondern auch grössere Haltbarkeit giebt.

641. Obergährung und Oberhefe. Was bei der erwähnten Gährung (Obergährung) besonders auffallen muss, das ist die grosse Menge von Hefe, welche sich dabei ausscheidet. Sie rührt von dem Kleber der Gerste her, der während des Maischprocesses aufgelöst, während des Gährungsprocesses aber, als unlösliche Hefe, wieder niedergeschlagen wird. Diese Hefe heisst Oberhefe, weil sie in Folge der starken Kohlensäureentwicklung in die Höhe gehoben, und wenn die Fässer voll sind, oben aus dem Spundloche ausgestossen wird; sie ist das beste Ferment und die hier erhaltene Menge reicht hin, um die Würze aus einem ganzen Pfunde Malz zur vollständigen Gährung zu bringen. Ihre gährungerregende Kraft geht verloren, wenn man sie scharf austrocknet, oder kocht, oder sehr fein zerreibt; ebenso durch Zusatz von fäulnisswidrigen Substanzen, z. B. von Weingeist, Holzessig, schwefliger Säure, Salicylsäure, flüchtigen Oelen etc. Unter dem Vergrösserungsglase giebt sich die Oberhefe als ein einfaches, aus einzelnen runden oder ovalen Zellen oder Bläschen bestehendes Pflänzchen (636) zu erkennen; auch erfolgt ihre Vermehrung in der Würze auf dieselbe Weise wie bei den einfachsten Pflanzen durch Knospung, so nämlich, dass sich an jedes Bläschen der alten Hefe, welches eine Mutterzelle (1) darstellt, fortschreitend neue Generationen von Zellen oder Knospen (2, 3, 4 etc.) ansetzen. Diese Bläschen bestehen aus einer Hülle von Cellulose und sind mit einer stickstoffhaltigen anfangs dünnen, später dicker und körnig werdenden Masse angefüllt. Mit ihrem

Fig. 184.



Wachsen und Absterben geht die Zerlegung des Zuckers in Kohlensäure und Weingeist Hand in Hand.

Nachgährung. Das frische Bier enthält noch etwas Zucker und Kleber aufgelöst, es erfährt daher, ebenso wie der Wein, beim Aufbewahren eine zweite, schwache Gährung (Nachgährung). Lässt man diese in verstopften Flaschen vor sich gehen, so dass die Kohlensäure nicht entweichen kann, so erhält man, ähnlich wie bei der Champagnerbereitung, moussirendes Bier (Flaschenbier). Aller Kleber wird aber auch durch die zweite Gährung nicht ausgeschieden, deshalb verändert sich das obergährige (leichte) Bier noch weiter, wenn es an der Luft stehen bleibt; jetzt ist es aber der Weingeist, der durch den in Zersetzung begriffenen Proteïnstoff mit verändert wird; derselbe geht in Essig über und das Bier wird sauer (667).

642. Untergährung und Unterhefe. *Versuch.* Wiederholt man den vorigen Versuch mit der Abänderung, dass man die Würze bis unter 10° C. abkühlt, ehe man Hefe zusetzt, und lässt man dann die Flüssigkeit an einem kühlen Orte stehen, so tritt ein sehr langsames Wachsen der Hefenzellen und eine sehr langsame Gährung ein, welche erst in einigen Wochen, ja Monaten, ihr Ende erreicht. Dabei entwickelt sich die Kohlensäure in sehr kleinen Bläschen und die Hefe lagert sich am Boden des Gefässes ab (Untergährung, Unterhefe). Diese Art von Hefenzellen pflanzt sich durch Sporen fort. Das so bereitete Bier enthält nur noch sehr kleine Mengen von Kleber oder Hefe und hält sich deshalb lange Zeit ohne sauer zu werden; ferner ist dasselbe reicher an Kohlensäure als das durch Obergährung gewonnene, weil es bei der niedrigen Temperatur und bei der allmäligen Entwicklung des kohlensauren Gases mehr davon zurückhalten konnte. Auf diese Weise stellt man allgemein die stärkeren Biersorten (baierische, Lager- oder untergährige Biere) dar. Die hierbei sich abscheidende dichte Unterhefe wirkt zwar auch gegen Zucker gährungerregend, aber viel langsamer und schwächer als die schaumige Oberhefe.

643. Vergleichung der Ober- und Untergährung. Die nachstehende Zusammenstellung wird das Charakteristische der beiden Gährungsmethoden deutlicher machen.

Obergährung:	Untergährung.
a) erfolgt bei höherer Temperatur (12 bis 20⁰);	bei niedrigerer Temperatur (5 bis 10⁰);
b) erfolgt schnell (in 3 bis 4 Tagen);	langsam (in 6 bis 8 Wochen);
c) dabei unvollständige Abscheidung der Hefe durch Ausstossen;	dabei vollständige Abscheidung der Hefe durch Absetzen;
d) Oberhefe ist feinzertheilt und schaumig;	Unterhefe compact und schwerer;
e) Oberhefe ist schnell Gährung erregend;	Unterhefe langsam Gährung erregend;
f) obergähriges Bier wird bald sauer;	untergähriges Bier nicht;
g) obergähriges Bier enthält weniger Kohlensäure;	untergähriges Bier mehr;
h) dient zur Darstellung schwacher Biere;	dient zur Darstellung starker Biere;
i) durch Erniedrigung der Temperatur kann die Obergährung in Untergährung verwandelt werden.	durch Erhöhung der Temperatur kann die Untergährung in Obergährung verwandelt werden.

644. Bestandtheile der Biere. *Versuch.* Man unterwerfe eine gewogene oder gemessene Menge Bier der Destillation (Fig. 183): es wird zuerst, nebst der Kohlensäure, ein dünner Weingeist, zuletzt nur eine wässerige Flüssigkeit übergehen. Der Rückstand liefert, eingetrocknet, eine braune Masse (Bierextract), die hauptsächlich aus Dextrin, Zucker und Hopfenbitter besteht. Bestimmt man die Stärke und Menge des erhaltenen Weingeistes und das Gewicht des gewonnenen Extractes, so hat man die zwei wichtigsten Factoren zur Bestimmung der Beschaffenheit und Güte eines Biers.

Bierstein. Unter dem Namen Bier- oder Getreidestein hat man ein aus Bierwürze und Hopfen dargestelltes und zur Trockne eingekochtes Extract in den Handel gebracht, aus dem

man sich durch Auflösen und Versetzen mit Hefe an jedem Orte schnell Bier erzeugen kann.

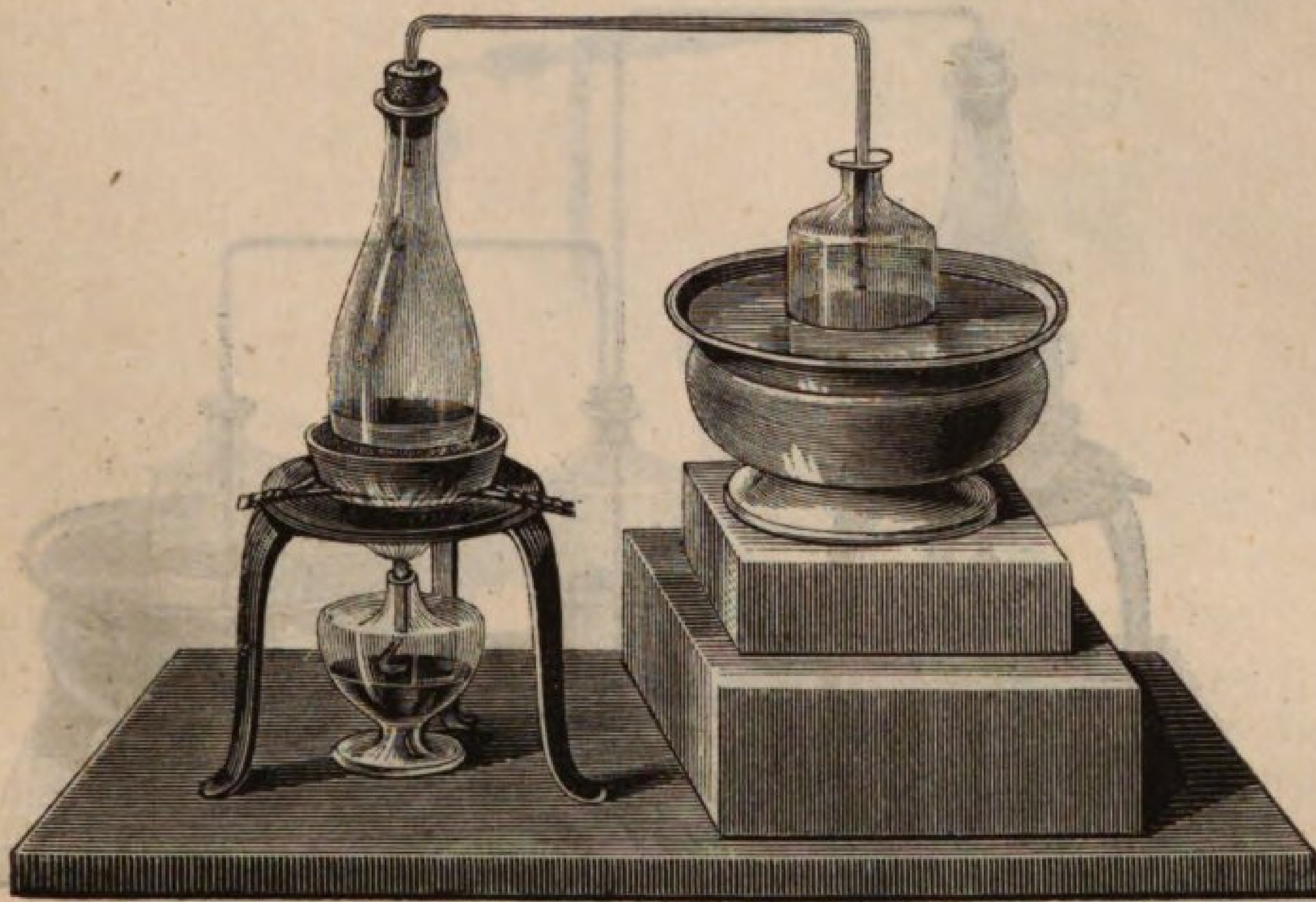
Branntwein.

645. *Bereitung.* Diese hat insofern Aehnlichkeit mit der Bereitung von Bier, als man dazu ebenfalls stärkehaltige Substanzen anwendet, deren Stärke vor der Gährung erst in Zucker umgewandelt werden muss. Dies geschieht, wie dort, durch den Maischprocess, d. h. durch die Einwirkung des Diastases des Malzes auf die Stärke. Zu dem Ende rührt man entweder gekochte und zerriebene Kartoffeln oder Roggenschrot mit zerkleinertem Gerstenmalz und heissem Wasser zu einem Breie an und erhält diesen so lange bei einer Temperatur von 70⁰ C., bis eine vollständige Zuckerbildung erfolgt ist; dann setzt man Bierhefe oder sogenannte künstliche Gährmittel zu der süssen, zuvor abgekühlten Maischflüssigkeit, wodurch sie in Gährung geräth. Bei Roggen kann man hierbei aus der neuerzeugten Hefe durch Abschöpfen, Absetzen und Abpressen die teigartige Presshefe gewinnen. Ist die Gährung beendigt, so bringt man die Masse in eine kupferne Blase und destillirt den flüchtigen Weingeist von den nichtflüchtigen Theilen ab. Was zurückbleibt, ist ein Gemenge von Hülsen, Faserstoff, Kleber, Stärke, Dextrin, Zucker, Milchsäure etc., und wird unter dem Namen Schlempe oder Branntweinspülicht als ein äusserst nahrhaftes Futtermtttel benutzt. In früherer Zeit wendete man zu dieser Destillation einfache Destillirblasen an und erhielt einen dünnen Weingeist (Branntwein oder Lutter), der ungefähr aus $1/3$ Weingeist und $2/3$ Wasser bestand; jetzt aber sind allgemein zusammengesetzte Brennapparate im Gebrauch, mittelst deren man einen noch einmal so starken Weingeist gewinnt (rectificirter Weingeist). Die Principien, worauf diese Apparate beruhen, werden durch folgende Versuche klar werden.

646. Einfache Rectification. *Versuch.* Man bringe 100 C C. gewöhnlichen Branntweins in ein geräumiges Kochfläschchen und destillire behutsam die Hälfte davon in ein Glas über, welches durch sehr kaltes Wasser, besser noch durch Schnee abgekühlt

wird. Hatte der Branntwein 30°, so werden die zuerst übergehenden 50 CC. Weingeist wenigstens 50° zeigen. Der Wein-

Fig. 185.

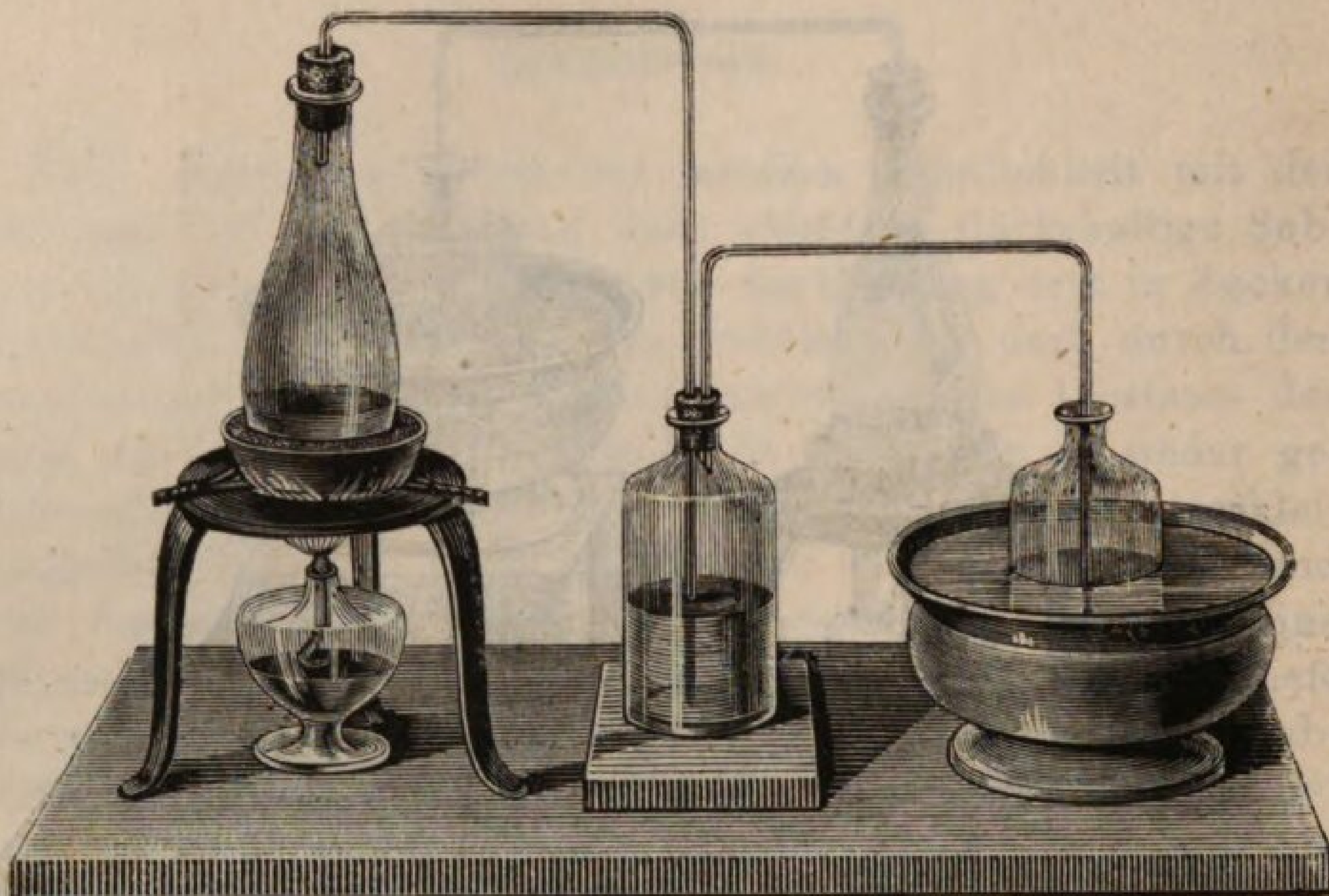


geist ist flüchtiger als Wasser, er destillirt daher, in Gemeinschaft mit einer geringeren Quantität von letzterem, zuerst über, während die grössere Quantität des Wassers nebst dem im Branntwein etc. enthaltenen Fuselöle in dem Kochfläschchen zurückbleibt (Phlegma).

647. Doppelte Rectification. *Versuch.* Bringt man mit dem Kochfläschchen und der Vorlage ein Zwischengefäss, z. B. ein grösseres Opodeldocglas, in Verbindung, was mittelst zweier rechtwinklig gebogener Glasröhren und eines doppelt durchbohrten Korkes leicht zu bewerkstelligen ist, und wiederholt man dann den eben beschriebenen Destillationsversuch, so verdichten sich die übergehenden Weingeistdämpfe zuerst in dem Mittelgefässe. Da dieses Gefäss nicht abgekühlt wird, so geräth die darin condensirte Flüssigkeit endlich auch ins Kochen, und die hierbei sich bildenden Dämpfe strömen in die mit kaltem Wasser umgebene Vorlage und verdichten sich darin zum zweiten Male. Man bewirkt also auf diese Weise eine doppelte Destillation

(Rectification). In dem Kochfläschchen ist kochender Branntwein (von 30⁰); in dem Zwischenglase kochender rectificirter

Fig. 186.



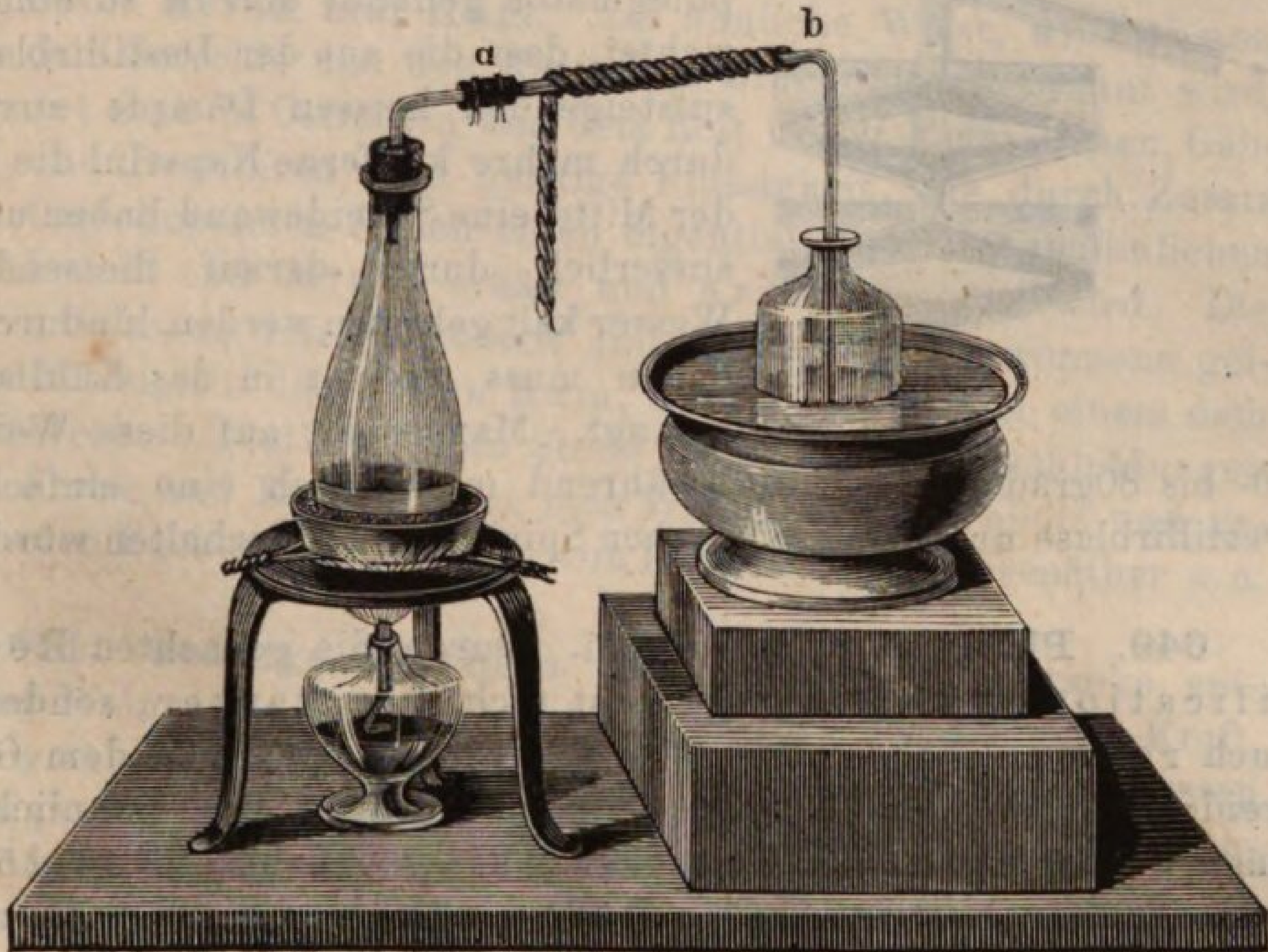
Weingeist (von ungefähr 50⁰). Nach Beendigung des Versuches findet man in dem ersten Gefässe Phlegma, in dem zweiten schwachen Weingeist, in dem dritten Gefässe sehr starken, höchstrectificirten Weingeist, sogenannten Alkohol (von 70 bis 80⁰).

Kochpunkt des Weingeistes. Befestigte man in den Korken der beiden ersten Gefässe ein Paar Thermometer, die bis in die Flüssigkeit hinabreichen, so würde man finden, dass die Flüssigkeit in dem Kochfläschchen zu Anfange des Versuchs bei 85⁰ C., zu Ende des Versuches bei 95 bis 100⁰ C., die des zweiten Gefässes aber zuerst bei 80⁰ C., zuletzt bei 85 bis 90⁰ C. siedet. Man ersieht hieraus, dass starker Spiritus bei viel niedrigerer Temperatur kocht, als schwacher. Der allerstärkste Weingeist (absoluter) kocht schon bei 78⁰ C., also um 22 Grade leichter als Wasser.

648. Rectification durch partielle Abkühlung. *Versuch.* Mit einem Kochfläschchen verbinde man eine ziemlich weite Glasröhre, welche so gebogen ist, dass ihr mittlerer Theil etwas aufwärts steigt, wie es die Figur 187 zeigt; von *b* an wird diese

Röhre mit einem angefeuchteten Dochte umwickelt, dessen Ende bei *a* herabhängt. Bei *a* binde man einen mehrfach zusammen-

Fig. 187.

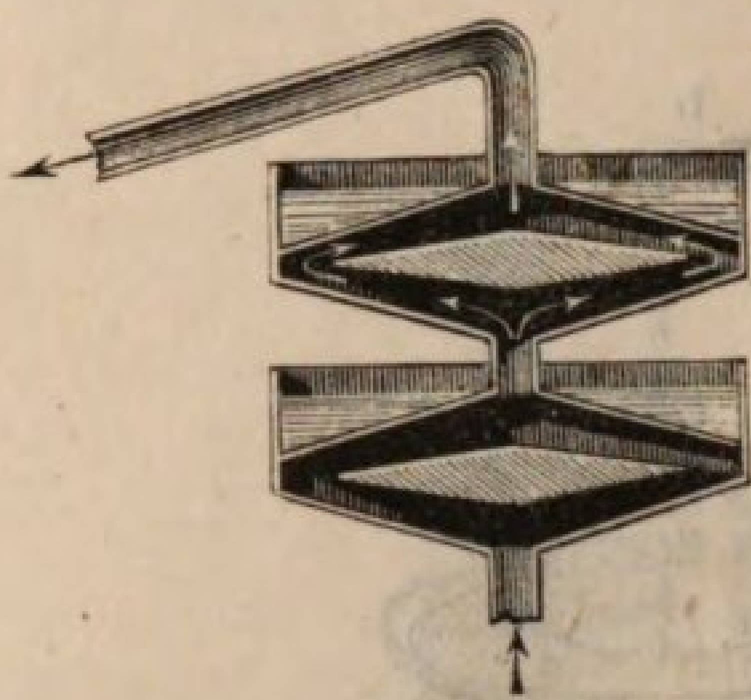


gelegten und mit einigen Tropfen Baumöl eingeriebenen Tuchstreifen fest, damit das Wasser aus dem Dochte nicht auf das Kochfläschchen herablaufe. Nun destillire man, wie früher, 100 CC. Branntwein, tröpfle aber während der Destillation fortwährend kaltes Wasser bei *b* auf den Docht, um dadurch den Branntweindampf unterwegs etwas abzukühlen. Das während des Herablaufens erwärmte Wasser fängt man in einem unter das Dochtende gestellten Gefässe auf. Die Destillation wird unterbrochen, wenn ungefähr $\frac{1}{3}$ der Flüssigkeit übergegangen ist; man wird einen weit stärkeren Spiritus in der Vorlage haben, als bei dem Versuche 647, weil durch die theilweise Abkühlung des Branntweindampfes hauptsächlich der schwer flüchtige Wasserdampf verdichtet wurde und daher ein weingeistreicherer Dampf in die Vorlage gelangte. Das unterwegs verdichtete Wasser ist in das Kochfläschchen zurückgeflossen.

Beckenapparat. Mit dem schönsten Erfolge hat man das Princip der partiellen Abkühlung auf die Destillation des

Branntweins im Grossen angewendet. Der bekannteste hierzu dienende Apparat wird **Beckenapparat** (**Pistorius**'scher) oder Dephlegmator genannt und ist so eingerichtet, dass die aus der Destillirblase aufsteigenden heissen Dämpfe zuvor durch mehre kupferne Kapseln, die in der Mitte eine Scheidewand haben und äusserlich durch darauf fliessendes Wasser kalt gehalten werden, hindurchgehen muss, ehe er in das Kühlfass gelangt. Man erhält auf diese Weise 70- bis 80grädigen Spiritus, während man durch eine einfache Destillirblase nur einen schwachen Spiritus von 30^0 erhalten würde.

Fig. 188.



649. Phlegma und Fuselöl. Durch die gedachten **Rectificationen** wird der Weingeist nicht nur **stärker**, sondern auch **reiner**. Neben dem Weingeist bildet sich aus dem Getreide und den Kartoffeln bei der Gährung auch eine ölähnliche, unangenehm riechende Flüssigkeit, das sogenannte **Fuselöl**; ausserdem auch etwas Essig. Beide sind schwerer flüchtig als Weingeist und werden daher bei der letztgedachten Rectification mit dem zurückfliessenden Wasser zum grössten Theile verdichtet. Was man, wie oben erwähnt, **Phlegma** nennt, ist hiernach ein Gemisch von Wasser mit etwas Weingeist, Fuselöl und Essig. Vollständig von dem Fuselöle reinigen lässt sich der Weingeist dadurch, dass mau ihn mit frisch ausgeglühter Holzkohle einige Zeit stehen lässt und dann abfiltrirt, oder besser abdestillirt; das Fuselöl bleibt hierbei in den Poren der Kohle zurück (114). Noch vortheilhafter ist es, die Weingeistdämpfe vor ihrer Verdichtung bei der Destillation durch einen über dem Beckenapparate angebrachten, mit Holzkohle gefüllten Cylinder streichen zu lassen.

Die genauere Untersuchung des **Fuselöls** hat ergeben, dass es in gereinigtem Zustande nicht eine Oelart, sondern vielmehr eine Alkoholart ist (Amylalkohol oder Amyloxydhydrat), die in ihrer Zusammensetzung und ihren Verbindungen sich dem Weingeist und Holzgeist ganz ähnlich verhält und daher richtiger **Fuselgeist** genannt werden sollte. Sie ist brennbar wie diese, schwimmt auf Wasser, ohne sich darin zu lösen, und hat einen

widrigen, erstickenden Geruch und einen brennenden Geschmack. Näheres hierüber in 686.

650. Arrak und Rum. Auf ähnliche Weise, wie bei uns, aus dem Getreide und den Kartoffeln Branntwein gebrannt wird, bereitet man in Ostindien aus dem Reis durch Einmaischen, Gähren und Destilliren eine geistige Flüssigkeit, die durch Zusatz von Catechupalmen-Samen einen eigenthümlichen, rumähnlichen Geschmack und Geruch erhält und Arrak genannt wird. Die durch Gährung von Zuckersaft und Zuckersyrup gewonnene geistige Flüssigkeit liefert den Rum, dessen Geruch von einem dem Zuckerrohr eigenthümlichen Stoffe herrührt. Zu Nachbildungen von Arrak und Rum benutzt man Weingeist, Cedernholz und gebrannten Zucker, unter Zusatz von Butteräther, Ameisenäther u. a.

651. Geistige Getränke. Alle gegohrenen Getränke enthalten Weingeist; diesem verdanken sie ihre berauschende Kraft. Wie gross die Menge ist, die sich davon in den bekanntesten geistigen Getränken findet, wird sich aus folgender Zusammenstellung ergeben:

			Reiner Weingeist.
In 100 Maass von	gewöhnlichem Bier	sind enthalten:	$1^1/_2$ bis 2 Maass;
„ „ „	Lagerbier	„ „	3 „ 5 „
„ „ „	Porter oder Ale . . .	„ „	6 „ 8 „
„ „ „	Wein	„ „	10 „ 15 „
„ „ „	Madeirawein	„ „	18 „ 24 „
„ „ „	Branntwein u. Franzbranntw.	„ „	40 „ 45 „
„ „ „	Liqueur	„ „	45 „ 50 „
„ „ „	Rum oder Arrak . . .	„ „	50 „ 60 „
„ „ „	rectificirtem Weingeist	„ „	60 „ 70 „
„ „ „	Sprit	„ „	70 „ 75 „
„ „ „	höchstrectificirtem Weingeist oder Alkohol	sind enthalten	86 „ 90 „

Aethylalkohol oder Weingeist.

$C_4H_6O_2$ oder $\text{Є}_2H_6\Theta$.

652. Wasserfreier oder absoluter Weingeist. Die Gährung des Zuckers ist bis jetzt der einzige Weg, auf dem wir

Weingeist im Grossen erzeugen können. Im Kleinen ist es gelungen, ihn mittelst des Acetylens künstlich aus seinen Elementen zusammenzusetzen (674). Wie der auf ersterem Wege gebildete Weingeist abgeschieden, wie er verstärkt, wie er gereinigt wird, davon ist schon in den vorigen Abschnitten die Rede gewesen. Dies geschieht durch partielle Destillation oder durch partielle Abkühlung, da der Weingeist leichter zu verflüchtigen, der Weingeistdampf aber schwerer zu verdichten ist als Wasser oder Wasserdampf. Alles Wasser lässt sich indessen auf diese Weise nicht von dem Weingeist trennen, weil der Weingeist $1/_{10}$ Wasser so fest hält, dass er ihm weder durch Destillation noch durch Abkühlung entzogen werden kann. Um ihn ganz wasserfrei zu erhalten, muss man einen Körper hinzubringen, der grössere Affinität zu dem Wasser hat und dieses so fixirt, dass es beim Siedepunkte des Weingeistes nicht mit verdampfen kann. Ein solcher Körper ist der gebrannte Kalk.

Versuch. Man schütte in ein Kochfläschchen 50 Grm. gebrannten und in kleine Stücken zerklopften Kalk und darauf 50 CC. ganz starken Alkohol, verbinde mit dem Fläschchen, wie bei dem Rectificationsversuch 646, eine Vorlage und lasse das Gemenge einen Tag lang ruhig stehen. Der Kalk verbindet sich allmälig mit dem Wasser des Alkohols (er löscht sich), und man erhält den letzteren wasserfrei, wenn man ihn bei gelinder Wärme, am besten im Wasserbade (165), abdestillirt. Der wasserfreie Weingeist führt auch den Namen: absoluter Weingeist oder Alkohol. Man darf bei diesem Versuche die anzuwendenden Gefässe nicht etwa vorher mit Wasser ausspülen, sondern dies muss mit starkem Weingeist geschehen, weil ausserdem die in den ersteren hängenbleibende Feuchtigkeit den wasserfreien Alkohol wieder zu wasserhaltigem machen würde.

653. Eigenschaften des Alkohols. Der Alkohol hat einen brennenden Geschmack und einen durchdringenden, angenehmen Geruch. Starker Weingeist, voraus absoluter, wirkt giftig, wenn er verschluckt wird; der verdünnte dagegen wirkt, wie bekannt, belebend und berauschend.

Weingeist in der Kälte und Wärme. Der starke Weingeist ist bis jetzt noch nie, selbst nicht durch eine Kälte von — 100° C., zum Gefrieren gebracht worden; er eignet sich

deshalb vortrefflich zur Anfertigung von Thermometern, mit denen hohe Kältegrade gemessen werden sollen. Ebenso leistet er aus diesem Grunde bei der Gasbeleuchtung gute Dienste, um zur Winterszeit das Gefrieren des in den Gasleitungsröhren sich absetzenden Wassers, und somit das Verstopfen dieser Röhren, zu verhindern. Man lässt nämlich das aus den Gasometern kommende Leuchtgas durch Alkohol streichen ehe es weiter fortgeleitet wird, wodurch dem Gase einerseits Wasserdämpfe entzogen, anderseits Weingeistdämpfe mitgetheilt werden. Die sich nunmehr in den Röhren verdichtende Flüssigkeit enthält so viel Weingeist, dass sie bei der Kälte unserer Winter nicht gefriert.

Wird gewöhnlicher Weingeist in einem offenen Gefässe hingestellt, so verdunstet der Weingeist schneller als das dabei befindliche Wasser. Starker Weingeist vermag auch Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Hieraus erklärt es sich, warum alle geistigen Flüssigkeiten in unverstopften Gefässen schwächer und wasserreicher werden müssen. Durch die Spirituslampen wird der Anfänger oft genug an diesen Vorgang erinnert: sie wollen nicht anbrennen, wenn sie einige Zeit ohne Kapsel an der Luft gestanden haben. Warum nicht? Der Spiritus aus dem Dochte ist verflogen, das Phlegma darin zurückgeblieben.

Von dem Kochen und Verdampfen des Weingeistes ist schon bei 646 und 647, von dem Verbrennen desselben aber bei 127 und 133 die Rede gewesen. Der Weingeist enthält so wenig Kohlenstoff, dass bei seiner Verbrennung kein Russ ausgeschieden wird; deshalb leuchtet auch die Weingeistflamme nur schwach. Die geeignetste Stärke für den Brennspiritus ist die von 75⁰ bis 80⁰ Tralles; wendet man ihn schwächer an, so verdampft nicht alles Wasser während des Verbrennens und es bleibt Phlegma übrig.

654. Weingeist und Wasser. Mit dem Wasser lässt sich der Weingeist in jedem Verhältnisse vermischen, und er wird in dem Maasse specifisch schwerer, als er mehr Wasser enthält; man hat daher in dem specifischen Gewichte ein sehr einfaches und zugleich sicheres Kennzeichen für die grössere oder geringere Stärke des Weingeistes. Am bequemsten ermittelt man diese durch das Aräometer (Alkoholometer, Spirituswage). Der absolute Weingeist hat ein specifisches Gewicht von 0,792, d. h.

ein Gefäss, in welches 1000 Grm. Wasser gehen, wird schon von 792 Grm. absoluten Weingeistes vollgefüllt; er ist also ungefähr um $^1/_5$ leichter als Wasser. In diesem Weingeist sinkt das Weingeistaräometer bis zur obersten Spitze der Scala, bis zu 100°, ein, während es in reinem Wasser bis zu dem unteren Anfange der Scala, der mit 0 bezeichnet ist, emporsteigt (18). Die bekanntesten Scalen sind die von Tralles und Richter, die sehr stark von einander abweichen, weil Tralles die Mischungen von Weingeist und Wasser, aus denen er die Grade bestimmte, dem Maasse oder Volumen nach, Richter aber dem Gewichte nach machte. Der Erstere z. B. nannte einen Weingeist 50grädig, welchen er aus 1 Maass absolutem Weingeist und 1 Maass Wasser mischte; der Letztere aber gab diese Zahl einem Gemische, welches er sich aus 1 Pfund absolutem Weingeist und 1 Pfund Wasser darstellte. In der zuletzt gedachten Mischung muss natürlich mehr Weingeist sein als in der ersteren, weil 1 Pfund Weingeist ein grösseres Volumen einnimmt als 1 Pfund Wasser, und es erklärt sich hieraus, warum ein und derselbe Weingeist an der Tralles'schen Senkwage mehr Grade zeigt, also stärker scheint, als an der Richter'schen. Der letzteren sehr nahe steht die Stopani'sche Wage, die früher häufig im Gebrauche war. In Deutschland ist jetzt die Tralles'sche gesetzlich eingeführt; ihre Grade repräsentiren demnach Volumprocente. Ueber den Einfluss der Temperatur auf das specifische Gewicht s. 19.

Fig. 189.



Verdichtung. Mischt man 50 Maass Weingeist und 50 Maass Wasser, so erhält man nicht 100 Maass, sondern nur ungefähr 97; es findet also hierbei, ebenso wie beim Vermischen der Schwefelsäure mit Wasser (212), eine Verdichtung Statt. Hieraus erklärt sich die Erwärmung, welche man wahrnimmt, wenn Wasser und Weingeist gemischt werden. Für die Kaufleute, die jetzt häufig den Branntwein durch Verdünnung von starkem Spiritus mit Wasser darstellen, ist die Kenntniss dieser Thatsache von ökonomischer Wichtigkeit, da diese Flüssigkeit gewöhnlich dem Maasse nach verkauft wird.

655. Benutzung des Weingeistes. Der Weingeist ist, wie das Wasser, ein Lösungsmittel für viele Stoffe, und zwar löst er nicht nur manche Stoffe auf, die auch im Wasser löslich sind, z. B. Gerbstoff, Zucker etc., sondern auch manche andere, die sich im Wasser nicht oder kaum lösen, z. B. Harze, flüchtige Oele etc.

Galläpfeltinctur. *Versuch.* Man übergiesse in einem Gläschen 5 Grm. zerklopfte Galläpfel mit 40 Grm. Wasser, in einem anderen eben so viel Galläpfel mit 40 Grm. Weingeist, überbinde beide Gläser mit feuchter Blase, in die man mit einer Stecknadel einige Löcher sticht, und stelle sie einige Tage an einen warmen Ort (Digestion). Man erhält in beiden Fällen eine dunkelgefärbte, sehr zusammenziehend schmeckende Flüssigkeit (Tinctur), die durch Filtriren geklärt wird. Was sich darin aufgelöst hat, ist ein eigenthümlicher Stoff der Galläpfel, der Gerbstoff oder Gerbsäure heisst. Bei längerer Aufbewahrung wird die wässerige Tinctur unter Bildung von Schimmelpflanzen sich zersetzen, die geistige aber nicht, weil der Weingeist die Fähigkeit hat, das Eintreten der Fäulniss zu verhindern. Dieser Fähigkeit wegen wendet man den Weingeist auch zur Conservirung von anatomischen Präparaten und zoologischen Naturalien an.

Zimmttinctur. *Versuch.* Auf die eben angegebene Weise bereite man sich aus 5 Grm. zerstossener Zimmtrinde und Wasser einen Auszug oder eine Tinctur. Man erhält eine schwach gefärbte Flüssigkeit, die, auf einem warmen Ofen verdampft, ein fast geschmackloses Gummi hinterlässt, welches sich durch zugegossenes Wasser leicht wieder auflöst. Der übrig gebliebene Zimmt wird nun mit Weingeist übergossen und einige Tage damit digerirt; man wird eine dunkelbraune, feurig, gewürzhaft und zusammenziehend schmeckende Tinctur Zimmttinctur, erhalten. Dampft man von dieser etwas zur Trockne ab, so bleibt eine braune, glänzende Masse (Harz) zurück, die sich nicht im Wasser, wohl aber im Weingeist wieder auflöst. Ausser mehren anderen Stoffen hat also das Wasser hauptsächlich Gummi, der Weingeist hauptsächlich Harz (und flüchtiges Oel) aus der Zimmtrinde aufgelöst.

Diese Beispiele werden genügen, um anzudeuten, wie mannichfach der Weingeist als Auflösungs- und Conservationsmittel

benutzt werden kann. Von den damit bewirkten Auflösungen sind die bekanntesten:

a) die Tincturen der Pharmacie, geistige Auszüge von medicinischen Kräutern, Wurzeln, Rinden etc.;
b) die Lackfirnisse, Auflösungen von Harzen in Weingeist;
c) die sogenannten wohlriechenden Wasser, z. B. Eau de Cologne, Auflösungen von flüchtigen Oelen in Weingeist;
d) die Liqueure, mit Zucker versüsste Auflösungen von flüchtigen Oelen (Kümmelöl, Pfeffermünzöl etc.) oder von bitteren und aromatischen Stoffen (Calmuswurzel, Nelken, Pomeranzen etc.) in Weingeist.

Von den vielfachen Veränderungen, welche der Aethylalkohol erleiden kann, sind besonders zwei wichtig geworden, nämlich seine Umwandlung in Aether und Essig, deren Betrachtung zunächst folgt.

Weitere Alkoholarten sind: Aethylenalkohol, Methylalkohol, Amylalkohol. Näheres über diese folgt in den Abschnitten IX, XIII, XIV, XV.

VIII. Verwandlung des Weingeistes in Aether.

Aethyläther oder Aethyloxyd.

$$C_4H_5O \text{ oder } \left.\begin{matrix}\ominus_2H_5\\ \ominus_2H_5\end{matrix}\right\} \ominus$$

656. Aethylschwefelsäure. *Versuch.* Man vermische 40 Grm. starken Alkohols von 90⁰ unter Umrühren mit einem Glasstabe mit 50 Grm. englischer Schwefelsäure: es tritt eine Erhitzung ein und eine chemische Veränderung, welche sich schon an der bräunlichen Farbe und dadurch zu erkennen giebt, dass das Gemisch einen eigenthümlichen, vom Weingeist verschiedenen Geruch zeigt. Es zerfällt hierbei der

$$C_4H_6O_2 = C_4H_5O + HO$$
$$(C_2H_6O)_2 = (C_2H_5)_2O + H_2O$$

Weingeist in Aether (Aethyloxyd) und Wasser

und der erzeugte Aether tritt mit 2 Aeq. Schwefelsäure zu Aethylschwefelsäure = $C_4H_5O, SO_3 + HO, SO_3$ oder $C_2H_5.H.SO_4$ zusammen, welche Verbindung auch als saures schwefelsaures Aethyloxyd angesehen werden kann. Die Aethylschwefelsäure verhält sich wie eine selbstständige Säure und giebt mit Kalk und Baryt leichtlösliche Salze, während der schwefelsaure Kalk schwerlöslich und der schwefelsaure Baryt ganz unlöslich ist. Sonst nannte man die Aethyl- oder Aetherschwefelsäure, die in dem *Elix. acid. Hall.* und der *Mixt. sulph. acid.* der Apotheken enthalten ist, Schwefelweinsäure. Sehr bemerkenswerth ist das Verhalten dieser Säure in der Kochhitze. Wird sie mit Wasser gekocht, so zerfällt sie in Alkoholdampf und Wasser; wird sie für sich oder mit einer geringen Menge von Alkohol gekocht, so zerfällt sie in Aetherdampf und Wasserdampf. In ersterem Falle bleibt verdünnte, in letzterem concentrirte Schwefelsäure zurück. Auf das letzterwähnte Verhalten gründet sich die Darstellung des Aethers.

657. Aether oder Aethyloxyd, C_4H_5O oder $(C_2H_5)_2O$

Versuch. Man bringe das aus Alkohol und Schwefelsäure dargestellte Gemisch in ein mit einer Glasröhre und einer Vorlage verbundenes Kochfläschchen (s. Fig. 99), verschliesse die zwischen dem Halse der Vorlage und der Glasröhre gebliebene Oeffnung durch Umwickeln mit feuchter Blase, in die einige feine Löcher gestochen werden, und erhitze das Kochfläschchen behutsam in einem Sandbade, bis der Inhalt desselben in wallende Bewegung geräth. Das Kochen der Flüssigkeit wird so lange unterhalten, bis ungefähr 20 bis höchstens 30 Grm. Flüssigkeit überdestillirt sind. Unerlässlich nothwendig ist bei diesem Versuche eine sehr gute Abkühlung des Destillates, weil dieses eine ausserordentliche Flüchtigkeit besitzt; es ist daher am rathsamsten, diesen Versuch im Winter anzustellen und die Vorlage mit Schnee zu umgeben. Ferner muss man sich hüten, den übergehenden Dämpfen oder der übergegangenen Flüssigkeit mit brennenden Körpern zu nahe zu kommen, da beide sich mit grosser Leichtigkeit entzünden. Die überdestillirte farb-

ose Flüssigkeit besitzt einen durchdringenden, angenehmen Geruch; sie heisst roher Aether. Der alte Name Schwefeläther ist unrichtig, denn in dem reinen Aether ist weder Schwefelsäure noch Schwefel überhaupt enthalten.

Um diesen zu reinigen, schüttelt man ihn in einem kleinen Gläschen mit 20 Grm. Wasser nnd 5 Grm. Kalilauge durch einander, verstöpselt das Gefäss und stellt es eine Stunde lang verkehrt bei Seite, so dass der Stöpsel nach unten kommt. Der rohe Aether enthält Beimengungen von Wasser, Weingeist, oft auch, namentlich wenn die Destillation zu lange fortgesetzt wurde, von schwefliger Säure; diese Stoffe treten an das zugesetzte Wasser und Kali und bilden damit die schwerere Flüssigkeitsschicht, die sich in dem Gläschen zu unterst absetzt. Die auf dieser schwimmende, sehr dünne und leicht bewegliche Flüssigkeit ist Aether, welcher sich ausscheidet, weil er sich gegen Wasser ähnlich wie Oel verhält und von diesem nur in geringer Menge ($^1/_{10}$) aufgelöst wird, wogegen hinwiederum Aether etwa $^1/_{36}$ Wasser aufzulösen vermag. Lüftet man nun den Stöpsel des umgekehrten Gläschens ein wenig, so kann man die wässerige Flüssigkeit herauslaufen lassen, den Aether aber zurückhalten. Soll der letztere ganz rein werden, so muss man ihn noch einmal destilliren oder rectificiren. Der reine Aether hat ein specif. Gewicht von 0,725.

Im Grossen stellt man den Aether am vortheilhaftesten auf die Weise dar, dass man zu einer Mischung aus 9 Thln. Schwefelsäure und 5 Thln. Alkohol während des Kochens allmälig immer so viel Alkohol hinzutröpfeln lässt, als Aether und Wasser überdestilliren. Ein einziges Pfund Schwefelsäure reicht dann hin, um nach und nach über 30 Pfund Alkohol von 90^0, von absolutem Weingeist aber unbegrenzte Mengen, in Aether umzuwandeln.

658. Erklärung der Aetherbildung. Der erste Act der Aetherbildung ist schon in 656 erklärt worden, den Vorgang im zweiten Acte denkt man sich wie folgt: Kommt Aethylschwefelsäure in der Kochhitze (bei 140^0 C.) mit Alkohol zusammen, so setzen sich die Bestandtheile beider in der Weise um, dass der neu hinzukommende Alkohol ebenfalls in Aethyloxyd und Wasser zerfällt und das letztere die Stelle des Aethyloxyds

in der Aetherschwefelsäure einnimmt, wonach also Schwefelsäurehydrat wieder hergestellt wird. Aus

Alkohol $= C_4H_6O_2$
und Aethylschwefelsäure . $= C_4H_5O, SO_3 + HO, SO_3$
bilden sich 2 Aether $2(C_4H_5O)$
und 2 Schwefelsäurehydrat . $HO, SO_3 + HO, SO_3$.

Die Schwefelsäure beginnt mit einer frischen Menge von Alkohol das Spiel des ersten Actes, d. h. die erneute Bildung von Aethylschwefelsäure und Wasser (656); sie stellt also, ähnlich wie das Stickstoffoxyd bei der Erzeugung von Schwefelsäure in den Bleikammern (210), den Vermittler der Aetherbildung dar, ohne in die Zusammensetzung des Endproducts selbst mit einzutreten. Da dieses wechselseitige Bilden und Zerlegen von Aethylschwefelsäure, oder das wechselseitige Binden und Freiwerden von Aether, gleichzeitig in der kochenden Flüssigkeit stattfindet und bei stetig zutröpfelndem starkem Alkohol stetig andauert, so ist es nicht befremdlich, dass durch 1 Pfd. Schwefelsäure viele Pfunde von starkem Alkohol nach und nach in Aether umgewandelt werden können.

Wendet man einen schwächeren oder wasserreicheren Alkohol zur Aetherbereitung an, so verdunstet nicht das ganze abgeschiedene Wasser mit dem Aether, sondern ein Theil desselben bleibt in der Flüssigkeit der Retorte zurück, welche nun unter 140° C. kocht. Ist hierdurch die Verdünnung so stark geworden, dass der Kochpunkt unter 130° C. sinkt, so zerfällt die Aetherschwefelsäure nicht mehr in Aether und Wasser, sondern in Alkohol und Wasser (656). Aus diesem Grunde erneuert man bei der zuletzt angegebenen Aetherbereitungs-Methode die Schwefelsäuremischung, wenn die Menge des zugeflossenen Alkohols etwa das 6- bis 8fache der angewendeten Schwefelsäure beträgt.

Nach der typischen Schreibweise lassen sich die Vorgänge in den zwei Acten der Aetherbildung sehr übersichtlich wie folgt verdeutlichen:

$$\text{1. Act.}\quad \left.\begin{matrix}\Theta_2H_5\\H\end{matrix}\right\}\Theta + \left.\begin{matrix}S\Theta_2\\H_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 = \left.\begin{matrix}S\Theta_2\\\Theta_2H_5\\H\end{matrix}\right\}\Theta_2 + \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}\Theta$$

Weingeist und Schwefelsäure geben Aethylschwefels. und Wasser

$$\text{2. Act. } \left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\} O + \left.\begin{matrix}SO_2\\C_2H_5\\H\end{matrix}\right\} O_2 = \left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\} O + \left.\begin{matrix}SO_2\\H_2\end{matrix}\right\} O_2$$

Weingeist und Aethyl-schwefels. geben Aether und Schwefelsäure

659. Eigenschaften des Aethers. Die wichtigsten derselben mögen aus folgenden Versuchen erhellen.

a) Flüchtigkeit des Aethers. Man giesse einige Tropfen Aether auf die Hand: er wird in wenig Augenblicken verdunsten und dabei die Hand merklich abkühlen (40). Der Aether ist so leichtflüchtig, dass er schon ins Kochen geräth, wenn man ihn zur Sommerzeit in die Sonne stellt (bei 35,5° C.); man muss ihn daher immer in gut verschlossenen Gefässen und an kühlen Orten aufbewahren. Der eingeathmete Aetherdunst bewirkt Gefühl- und Bewusstlosigkeit.

b) Brennbarkeit des Aethers. Man tauche einen Holzspan in Aether, einen anderen in Weingeist und halte beide an eine Lichtflamme: der Aether brennt viel leichter an (124) und verbrennt mit ungleich grösserer Lebhaftigkeit und zugleich mit einer viel stärker leuchtenden und etwas Russ absetzenden Flamme; er ist sehr feuergefährlich. Seine stärkere Leuchtkraft erklärt sich einfach aus seinem grösseren Gehalte an Kohlenstoff. Der Vorgang beim Verbrennen ist derselbe wie bei dem Weingeist; auch der Aether verwandelt sich dabei in Kohlensäure und Wasser.

c) Explosionen durch Aether. Giesst man einige Tropfen Aether in ein Trinkglas und nähert diesem nach einigen Augenblicken, wenn der Aether sich in Dampf verwandelt hat, einen brennenden Span, so erfolgt eine plötzliche, von einem Geräusche begleitete Entzündung. Der Aetherdampf bildet, ähnlich wie Wasserstoffgas oder Sumpfgas, mit atmosphärischer Luft gemengt, eine Art Knallgas, und es sind schon heftige Explosionen dadurch veranlasst worden, dass man Locale mit einem brennenden Lichte betrat, in denen sich durch das Zerbrechen eines Gefässes mit Aether Aetherdunst in der Luft ausgebreitet hatte.

d) Aether und Weingeist. Mit Weingeist lässt sich der Aether in jeder beliebigen Menge vermischen. Der mit drei Theilen Weingeist versetzte Aether wird unter dem Namen

Hoffmann'scher Geist, Liquor oder schmerzstillender Spiritus vielfach als ein belebendes Arzneimittel angewendet.

e) Aether als Auflösungsmittel. Man schüttle ein Stückchen Talg oder einige Tropfen Baumöl in einem Probirgläschen mit Aether: beide Fette werden sich vollständig darin lösen. In Weingeist oder Wasser sind selbige nicht löslich. Der Aether kann daher sehr gut zur Auflösung und Trennung solcher Stoffe benutzt werden, die sich in ihm, nicht aber in anderen Flüssigkeiten auflösen. Ausser den Fetten sind namentlich auch viele Harze und das sogenannte Gummi elasticum (Kautschuk) in Aether löslich.

Zusammengesetzte Aetherarten.

660. Die Atomgruppe C_4H_5 oder $Ɵ_2H_5$, Aethyl, verhält sich wie ein zusammengesetztes Radical (Ae), die Gruppe C_4H_5O oder $(Ɵ_2H_5)_2Θ$, Aethyloxyd, wie ein basisches Oxyd dieses Radicals (AeO). Der Alkohol ist dieser Vorstellung gemäss als Aethyloxyd-Hydrat, die Aetherschwefelsäure als ein saures Aethyloxydsalz, als eine Verbindung des Aethyloxyds mit 2 Aeq. Säure, anzusehen. Den neutralen Salzen werden hiernach die Verbindungen des Aethyloxyds mit 1 Aeq. Säure entsprechen; man nennt diese gewöhnlich zusammengesetzte Aetherarten. Nach der neueren Ansicht über die Constitution chemischer Verbindungen gelten sie als Salze, in welchen das Radical C_4H_5 die Stelle des Metalles einnimmt.

Diese Verbindungen lassen sich nicht direct durch Vermischen des Aethers mit Säuren hervorbringen. Die Neigung, sich mit Säuren zu verbinden, hat der Aether nur in dem Zeitpunkte, wo er eben gebildet oder aus einer anderen Verbindung freigemacht wird (167); der einmal zur Freiheit gelangte Aether zeigt keine Spur mehr von jener Neigung. Man stellt dieselben gewöhnlich durch Destillation der betreffenden Säure mit Alkohol dar. Starke Säuren sind allein im Stande, Aethyloxyd aus letzterem abzuscheiden, bei schwächeren Säuren wird diese Abscheidung durch Zusatz von Schwefelsäure befördert. Die meisten zusammengesetzten Aether sind flüssig, sehr brennbar, und besitzen einen flüchtigen, erfrischenden Geruch. Die in der Heilkunde benutzten nannte man sonst Naphten.

661. Von den bekannteren zusammengesetzten Aethern mögen folgende hier Erwähnung finden:

Salpetrigsaures Aethyloxyd oder leichter Salpeteräther (AeO, NO_3 oder $\Theta_2H_5, N\Theta_2$) riecht obstartig und findet sich, mit Weingeist verdünnt, in dem als Arzneimittel bekannten *Spir. nitr. aeth.* der Apotheken.

Salpetersaures Aethyloxyd oder schwerer Salpeteräther (AeO, NO_5 oder $\Theta_2H_5, N\Theta_3$), riecht angenehm aromatisch und schmeckt süsslich-brennend.

Essigsaures Aethyloxyd oder Essigäther ist eine flüchtige, lieblich und erfrischend riechende Flüssigkeit, die in der Heilkunde häufig Anwendung findet.

Buttersaures Aethyloxyd oder Butteräther, riecht angenehm obstartig und kommt, mit anderen Fettsäure-Aethern gemengt, concentrirt oder mit Weingeist verdünnt, unter den Namen Ananasöl, Rumäther oder Rumessenz im Handel vor, und dient insbesondere zur Bereitung des künstlichen Rums. Zu gleichem Zwecke dient auch der Ameisenäther (ameisensaures Aethyloxyd).

Den Haloidsalzen entsprechende zusammengesetzte Aetherarten sind:

Chloräthyl oder Salzäther ($AeCl$ oder Θ_2H_5Cl), eine höchst flüchtige und angenehm riechende Flüssigkeit, ist, in Weingeist gelöst, in dem *Spir. muriat. aeth.* der Apotheken enthalten. Angezündet giebt sie eine grünlich gesäumte Flamme und entwickelt saure Dämpfe von Chlorwasserstoff.

Jodäthyl (AeJ oder Θ_2H_5J), eine farblose, schwere, ätherisch riechende Flüssigkeit, wird durch die gemeinschaftliche Einwirkung von Jod und Phosphor auf Alkohol erhalten und ist dadurch für die organische Chemie sehr wichtig geworden, dass sich ihr Aethyl sehr leicht auf andere Elemente übertragen lässt. Gleiches gilt vom Bromäthyl ($AeBr$).

Um die zusammengesetzten Aetherarten zu zerlegen, kocht man sie mit Kalilauge, sie verwandeln sich dabei in Alkohol und Säure, welche letztere mit dem Kali in Verbindung tritt. Manche derselben erfahren eine solche Zerlegung schon durch längere Aufbewahrung, indem sie Sauerstoff und Wasser anziehen und durch die erzeugte freie Säure sauer werden.

Da es noch zahlreiche andere zusammengesetzte Radicale giebt, welche sich wie das Aethyl verhalten und mit Sauerstoff Aether bilden (Methyläther, Amyläther etc.), so hat man bei der Benennung die Aetherart mit anzugeben. Man bezeichnet daher den leichten Salpeteräther als „Salpetrigsäure-Aethyläther", den Essigäther als „Essigsäure-Aethyläther" u. s. f.

Anderweite Aethylverbindungen.

662. Von den vielen Verbindungen, welche von dem Aethyl weiter bekannt sind, seien hier nur noch die mit Schwefel und Metallen und die Aethylammoniake angedeutet. Mit Schwefel bildet dasselbe Einfach- und Zweifach-Schwefeläthyl, mit Schwefelwasserstoff Aethylsulfhydrat oder Mercaptan, farblose Flüssigkeiten von sehr widerwärtigem Geruch.

Metalläthyle. Die meisten Metalle lassen sich mit dem Aethyl zu ganz eigenthümlichen Verbindungen vereinigen, wenn sie *in statu nascendi* mit dem letzteren zusammenkommen. Am häufigsten stellt man sie aus Jodäthyl dar, indem man Metalle, oder Legirungen derselben mit Kalium oder Natrium auf dasselbe einwirken lässt, wobei sich einerseits Jodmetalle, andererseits Aethylmetalle erzeugen. So bildet das Aethyl

mit Zink Zinkäthyl, $Zn(C_4H_5)$, oder $\text{Ƶn}(\text{Є}_2H_5)_2$, eine selbstentzündliche Flüssigkeit,

mit Zinn Stanndiäthyl, $Sn(C_4H_5)$, oder $\text{Sn}(\text{Є}_2H_5)_2$, eine farblose, ölartige Flüssigkeit, und

Stanntetrăthyl, $Sn(C_4H_5)_2$ oder $\text{Sn}(\text{Є}_2H_5)_4$, eine farblose, ätherähnlich riechende Flüssigkeit,

mit Arsen Arsendiäthyl, $As(C_4H_5)_2$ oder $As^{V}(\text{Є}_2H_5)_2$, flüssig, knoblauchartig riechend, selbstentzündlich, und

Arsentriäthyl, $As(C_4H_5)_3$ oder $As^{V}(\text{Є}_2H_5)_3$, an der Luft rauchend, ohne sich zu entzünden,

mit Antimon Stibäthyl, $Sb(C_4H_5)_3$ oder $Sb^{V}(\text{Є}_2H_5)_3$, eine zwiebelähnlich riechende, an der Luft rauchende und in Flamme ausbrechende Flüssigkeit u. a. m.

Die ungesättigten Verbindungen dieser Art (544) verhalten sich wie Doppel- oder gepaarte Radicale und können sich noch weiter mit Sauerstoff, Chlor, Schwefel etc. verbinden.

663. Aethylamine. Mit dem Namen Amine bezeichnet man solche Stickstoffverbindungen, welche man als Ammoniak (NH_3) ansehen kann, in welchen der Wasserstoff theilweise oder ganz — Aequivalent für Aequivalent — durch ein Alkoholradical vertreten ist (Substitution). Das Aethyl liefert folgende Amine:

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N \qquad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N \qquad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}N \qquad \left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}N$$

Ammoniak Aethylamin Diäthylamin Triäthylamin

Das Aethylamin ist eine mit dem Ammoniak fast ganz übereinstimmende stark basische Flüssigkeit und giebt mit Basen bestimmt characterisirte Salze. Auch die beiden anderen Verbindungen lassen die Familienähnlichkeit mit dem Ammoniak nicht verkennen, reagiren alkalisch und bilden mit Basen besondere Salze. Dieselben erzeugen sich, wenn man Bromäthyl oder Jodäthyl auf Ammoniak einwirken lässt.

IX. Verwandlung des Weingeistes in Aethylen.

(C_4H_4 oder Є_2H_4.)

664. *Versuch.* Zu 15 Grm. starken Weingeistes werden ganz allmälig und unter stetem Umrühren 60 Grm. englische Schwefelsäure gemischt; die Erhitzung, welche bei dem Zusammenkommen dieser zwei Flüssigkeiten entsteht, ist noch grösser als die bei dem Vermischen von Schwefelsäure mit Wasser. Wenn das Gemenge erkaltet ist, giesst man es in ein Kochfläschchen, schüttet so viel Sand hinzu, dass kaum noch etwas Flüssiges zu bemerken ist, und erhitzt das Gefäss in einem Sandbade (Fig. 190): es entwickelt sich eine Luftart, die man auf die bekannte Weise in mit Wasser gefüllten Flaschen auffängt. Durch den Sandzusatz verhindert man das sonst leicht eintretende Aufblähen und Uebersteigen der flüssigen Masse. Man zündet das in einer Flasche befindliche Gas an und giesse schnell Wasser hinzu: es brennt mit stark leuchtender Flamme; es ist

Aethylengas, welches sich aus dem Weingeist gebildet hat. Der Weingeist zerfällt in Aethylengas und Wasser, welches

Fig. 190.



letztere sich mit der zurückbleibenden Schwefelsäure vereinigt:

$$C_4H_6O_2 \text{ giebt } C_4H_4 + 2\,H\,O, \text{ oder}$$
$$\mathrm{C}_2H_6\mathrm{O} \quad \text{„} \quad \mathrm{C}_2H_4 + H_2\mathrm{O}.$$

Bei der Bereitung der Aethylschwefelsäure wurde dem Weingeist durch die geringere Menge von Schwefelsäure die Hälfte seines Sauerstoffs, nebst dem zur Bildung von Wasser erforderlichen Wasserstoff, entzogen; hier bewirkt die grössere Schwefelsäuremenge, dass auch noch die andere Hälfte des Sauerstoffs erst mit Wasserstoff zusammen- und dann als Wasser an die Schwefelsäure tritt. Im ersten Falle wird der Aethylalkohol durch Entziehung von H und O zu Aethyläther und Wasser, im zweiten geht die gleiche Zerlegung weiter und erstreckt sich auch auf den Aethyläther.

Gegen das Ende der Gasentwicklung bilden sich, ausser Aethylen und Wasser, auch noch schweflige Säure und Kohlensäure, von denen man die erstere leicht durch den Geruch wahrnehmen kann; sie entstehen, weil der Kohlenstoff von einem Antheil Alkohol zersetzend auf einen Antheil Schwefelsäure wirkt und dieser Sauerstoff entzieht. Um das Aethylengas von diesen beiden flüchtigen Säuren zu reinigen, braucht man es nur durch Kalkmilch zu leiten, ehe man es auffängt.

665. Unter dem Namen ölbildendes Gas oder schweres Kohlenwasserstoffgas ist das Aethylengas als der eigentlich leuchtende Bestandtheil, also der Hauptbestandtheil unserer Leuchtgase schon lange bekannt. Auch unser Kerzen- und Lampenlicht verdankt dieser Verbindung vorzugsweise seine Leuchtkraft (120). Den Namen ölbildendes Gas oder Elaylgas hat das Aethylengas erhalten, weil es sich mit Chlorgas zu einer öläbnlichen, in Wasser untersinkenden und ätherisch riechenden Flüssigkeit, zu Aethylenchlorid oder Elaylchlorid ($C_4H_4Cl_2$) verdichtet, welche, analog dem Chloräthyläther (661), als Chloräthylenäther bezeichnet werden kann. Wie hieraus erhellt, erzeugt sich auch Aethylengas aus dem Kohlen- und Wasserstoff vieler organischer Körper, wenn diese ohne Luftzutritt erhitzt werden, in reichlichster Menge aus solchen Körpern, welche reich sind an Kohlen- und Wasserstoff (Fette, Harze, Steinkohlen etc.).

666. Aethylenalkohol, Aethylenäther etc. Die Gruppe C_4H_4 verhält sich gegen andere Elemente wie die Atomgruppe C_4H_5, wie ein zusammengesetztes Radical. Darin nur findet ein Unterschied statt, dass das Aethyl ein einwerthiges Radical $(\text{Є}_4H_5)^{I}$, das Aethylen aber ein zweiwerthiges $(\text{Є}_2H_4)^{II}$ darstellt. Während das Aethyl sich mit 1 Aeq. Sauerstoff, Chlor, Schwefel etc. verbindet, verbindet sich das Aethylen mit je 2 Aeq. dieser Elemente, wie schon oben durch das Aethylenchlorid angedeutet wird, welches Cl_2 enthält. Dem entsprechend tritt es auch mit O_2 (Θ) zu Aethylenoxyd, mit S_2 (S) zu Schwefeläthylen zusammen, und hinwiederum das Oxyd mit H_2O_2 (H_2Θ) zu Oxydhydrat oder Aethylenalkohol, oder mit $\overline{A}_2$ zu Essigsäure-Aethylenäther.

Der Aethylenäther (Glycoläther), $C_4H_4O_2$ oder $\text{Є}_2H_4\Theta$, ist eine höchst flüchtige Flüssigkeit, welche sich, einer kräftigen Basis gleich, direct mit Säuren zu zusammengesetzten Glycoläthern, wie auch direct mit Wasser zu Aethylenalkohol verbinden lässt.

Der Aethylenalkohol (Glycol), $C_4H_6O_4$ oder $\text{Є}_2H_4, 2H\Theta$ ist eine süssschmeckende, dickliche, farb- und geruchlose Flüssigkeit. Wie Aethylalkohol durch Oxydation nur eine Säure liefert Essigsäure, und daher zu den einsäurigen Alkoholen gezählt wird, so liefert der Aethylenalkohol, der Zweiwerthigkeit seines Radicals entsprechend, zwei Säuren, nämlich durch Zutritt

von O_2 (Θ) und Austritt von H_2 Glycolsäure, und durch Zutritt von O_4 (Θ_2) und Austritt von H_3 Oxalsäure. Der Aethylenalkohol gehört daher in die Abtheilung der zweisäurigen Alkohole. Weitere Alkohole s. 683 ff.

X. Verwandlung des Weingeistes in Essig.

(Essigsäure, $C_4H_4O_4$ oder $\Theta_2H_4\Theta_2$, s. 263.)

667. Essig aus Branntwein, Wein etc. *Versuch.* Man vermische in einem Glashafen 40 CC. starken Branntwein mit 250 CC. Flusswasser, lege in die Flüssigkeit ein Scheibchen Schwarzbrot, das man vorher mit starkem Essig getränkt hat, oder statt dessen ein wenig Sauerteig, bedecke das Gefäss mit einem durchlöcherten Pappdeckel und stelle es an einen warmen Ort, wo es ungefähr 30 bis 40° C. warm wird: die geistige Flüssigkeit wird nach einigen Wochen in Essig verwandelt sein. In einem verstopften Glase erfolgt diese Umwandlung nicht, weil der Sauerstoff der Luft dazu unentbehrlich ist; von diesem wird eine grosse Menge verzehrt, denn die Essigbildung besteht in einer Oxydation des Weingeistes durch den Sauerstoff der Luft. Lässt man das Brot oder den Sauerteig weg, so entsteht ebenfalls kein Essig. Wie Zuckerlösung allein nicht in Weingeist übergeht, so geht auch Weingeist allein nicht in Essig über. Wie aber ein leicht zersetzbarer Körper (Ferment, Hefe etc.) den Zucker dazu disponirt, sich gleichzeitig mit ihm zu zersetzen, so vermögen auch leicht zersetzbare saure Substanzen, als Brot, Sauerteig, fertiger Essig u. a. m., den Weingeist dahin zu bringen, dass er Sauerstoff absorbirt. Die Wirkungsweise dieser Stoffe, die man Essigfermente nennt, kommt ganz mit der des Stickstoffoxyds in den Schwefelsäurekammern überein; sie bilden, wie dieses, den Ueberträger, d. h. sie ziehen den Sauerstoff aus der Luft an und geben ihn an den verdünnten Weingeist wieder ab. Am kräftigsten wirkt in dieser Art

die **Essighefe**, ein mikroskopisches Pilzpflänzchen (*Mycoderma aceti*), das sich in ähnlicher Weise ausbildet wie die Bierhefe (641).

Wie verdünnter Weingeist, so können auch alle anderen **weingeisthaltigen Flüssigkeiten**, als Bier, Wein, Malzwein, Cider etc., durch Aufnahme von Sauerstoff in Essig übergehen, und es ist bekannt genug, dass man sie häufig zur Darstellung von Essig benutzt. Enthalten sie, wie es gewöhnlich der Fall ist, noch etwas Kleber oder Hefe aufgelöst, so vertreten diese Substanzen die Stelle des Essigferments und die Säuerung erfolgt von selbst, wenn man die Flüssigkeit in lose bedeckten Gefässen einer Temperatur von 30 bis 40° C. aussetzt. Am leichtesten tritt diese ein unmittelbar nach einer geistigen Gährung, welche bei einer zu hohen Temperatur vor sich ging; daher haben die Bierbrauer und Branntweinbrenner in den heissen Sommertagen oft Mühe, das Sauerwerden der gährenden Würze und Maische zu verhindern, was nur durch schnelle und starke Abkühlung geschehen kann.

Essig aus Stärke, Zucker etc. Auch **Stärke** und **Zucker** enthaltende Flüssigkeiten können in Essig übergehen, jedoch nur dann, wenn sie vorher durch Gährung in Weingeist umgebildet worden sind. Hieraus erklärt es sich, warum man Essig erhält, wenn man die Schalen und Abgänge vom Obst, mit Wasser übergossen, längere Zeit in der Nähe des Ofens stehen lässt; warum gekochte Speisen, eingemachte Früchte etc. mit der Zeit sauer werden etc. In Folge der zuerst eintretenden geistigen Gährung entsteht in diesen Fällen immer ein Brausen oder Gähren, weil die mit dem Weingeist zugleich aus dem Zucker gebildete Kohlensäure entweicht. Hiervon rührt der Name **Essiggährung** her, mit dem man in früheren Zeiten den Process der Essigbildung bezeichnete, weil man dieses Brausen als eine zur Essigerzeugung nothwendige Erscheinung ansah. Jetzt weiss man aber, dass irgend eine Entwicklung von Gasarten bei der Umbildung des Weingeistes in Essig nicht stattfindet.

668. Beschleunigung der Essigbildung. *Versuch.* Man fülle zwei Trinkgläser locker mit Rosinenstengeln an und giesse das eine ganz, das andere nur halb voll mit Wein, Bier oder

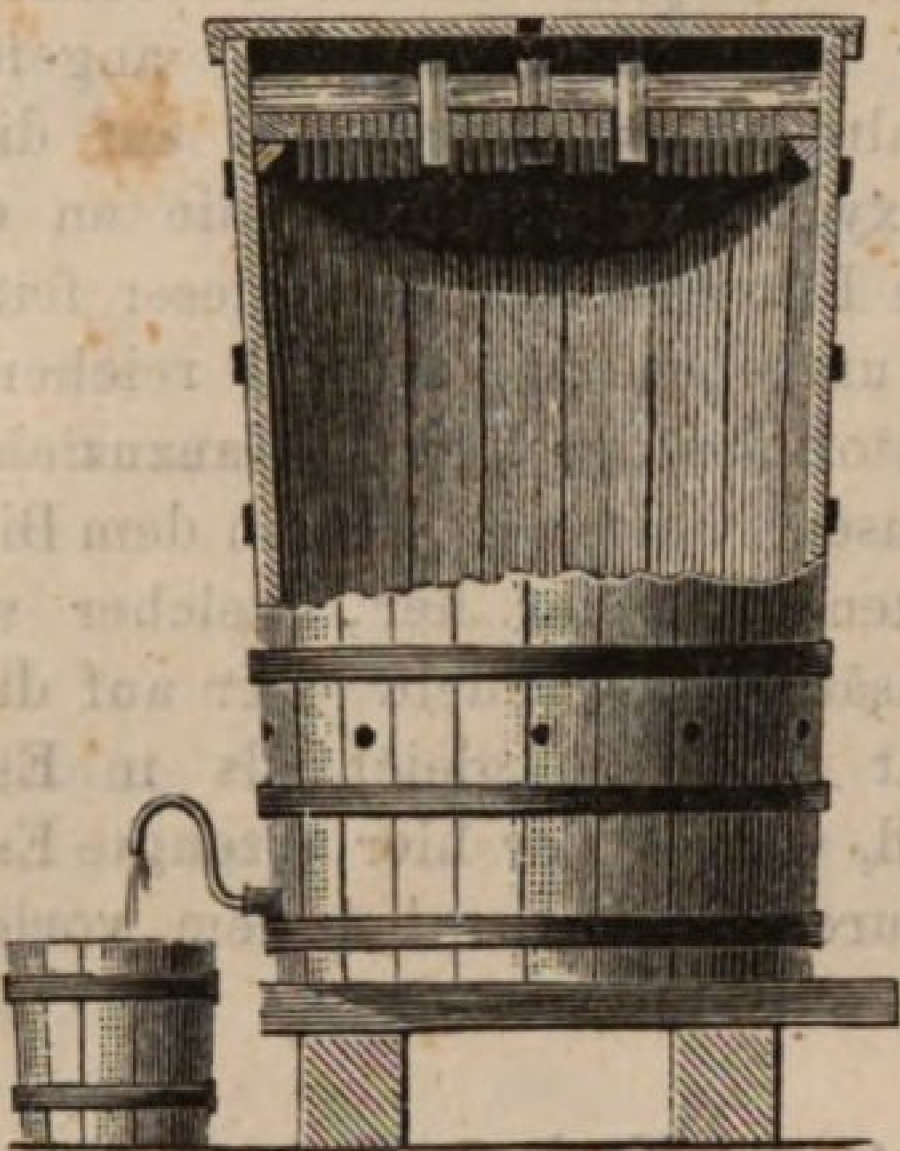
einer Essigmischung, die man sich diesmal aus 1 Thl. Branntwein, 1 Thl. Bier und 6 Thln. Wasser bereiten mag. Beide Gefässe bringt man an einen warmen Ort und füllt ihren Inhalt täglich ein- bis zweimal um, so dass jedes Gefäss abwechselnd einmal ganz, dann wieder nur halb mit Flüssigkeit angefüllt ist. Der im Branntwein enthaltene Weingeist wird auf diese Weise viel schneller zu Essig oxydirt werden, weil die an den Rosinenstielen hängen bleibende Flüssigkeit, die in dieser feinen Vertheilung ringsum von Luft umgeben ist, in viel reicherem Maasse Gelegenheit findet, Sauerstoff aus der letzteren anzuziehen. Das zu Anfang eintretende Brausen rührt von dem in dem Biere und den Rosinenstielen enthaltenen Zucker her, welcher sich zuerst in Weingeist und Kohlensäure umwandelt. Der auf diese Weise gebildete Weingeist geht späterhin gleichfalls in Essig über, und hierin liegt der Grund, warum der hier erzeugte Essig saurer, d. h. reicher an Essigsäure ist, als der bei dem vorigen Versuche gewonnene.

669. Schnellessigfabrikation. Noch rascher erfolgt der Uebergang des Weingeistes in Essigsäure, wenn man den ersteren noch mehr zertheilt oder ausbreitet und ihm noch mehr atmosphärische Luft zuführt, als dies auf die eben angegebene Weise geschah. Man erreicht dies auf folgende Art:

Ein 4 bis 5 Ellen hohes Fass wird mit gekräuselten Hobelspänen aus Buchenholz angefüllt und etwas unter der oberen Oeffnung mit einem Boden versehen, in dem sehr viele feine Löcher eingebohrt sind; in jedes dieser Löcher kommt der obere Theil eines Strohhalms oder ein Stück Bindfaden, welches oben einen Knoten hat, um es am Durchfallen zu verhindern. Hierdurch erreicht man eine ausserordentlich grosse Vertheilung des Weingeistes, denn wird dieser oben aufgegossen, so läuft er nur tropfenweise an den Strohhalmen oder Bindfäden durch den Siebboden hindurch und breitet sich dann während des weiteren Herabsickerns auf den Hobelspänen zu einer überaus dünnen Flüssigkeitsschicht aus, die der Luft eine viel tausendmal grössere Oberfläche darbietet als nach den früheren Methoden. Am unteren Theile des Fasses werden im Umkreise mehre grössere Löcher eingebohrt, ebenso auch in dem schon erwähnten Siebboden; in die letzteren kittet man Glasröhren ein, damit die

oben aufgegossene Flüssigkeit nicht durch sie ablaufe. Hierdurch wird ein Luftzug hervorgebracht; unten strömt kühlere Luft durch die Oeffnungen in das Fass ein, diese giebt an den auf den Spänen ausgebreiteten Weingeist Sauerstoff ab, und in Folge dieser Oxydation oder langsamen Verbrennung entwickelt sich im Innern des Fasses so viel Wärme, dass die Temperatur darin bis zu 40⁰ C. steigen kann. Die Luft wird hierdurch wärmer und somit auch leichter, sie zieht demnach, und zwar um $^1/_8$ bis $^1/_4$ ärmer an Sauerstoff, durch die oberen Glasröhren wieder aus dem Fasse heraus. Als Ferment wird hierbei fertiger, starker Essig angewendet, mit dem man zuvor das Fass und die Späne tränkt, und von dem man auch jederzeit der Branntweinmischung, die in Essig verwandelt werden soll, eine bestimmte Quantität zusetzt. In einem solchen Fasse (Essigbildner) kann man erwärmten Branntwein oder Bier, Wein etc. durch drei- bis viermaliges Durchlaufen innerhalb weniger Stunden in Essig umwandeln; daher der Name Schnellessigfabrikation.

Fig. 191.



670. Bildung von Essigsäure durch Platinschwarz. In Nro. 491 ist schon erwähnt worden, dass das poröse Platinschwarz (Platinmohr) ein äusserst kräftiger Sauerstoffsauger ist und dass aufgetröpfelter starker Weingeist von demselben unter Erglühen mit dem condensirten Sauerstoff verbunden und in starke Essigsäure verwandelt wird. Auch der Weingeistdunst erfährt diese Veränderung, wie man leicht durch Geruch und Lackmuspapier nachweisen kann, wenn man über einem Schälchen mit Weingeist ein Schälchen mit Platinmohr aufstellt, und beide mit einer tubulirten Glasglocke überdeckt. Der Platinmohr stellt

hiernach das kräftigste Essigferment dar, es nöthigt den starken Weingeist zur Oxydation, während die vorher besprochenen Fermente nur den sehr stark mit Wasser verdünnten Weingeist zur Aufnahme von Sauerstoff zu disponiren vermögen. Aehnlich wie Platinschwarz wirken Chromsäure (511) und andere sauerstoffreiche Körper.

671. Erklärung der Essigbildung. Wenn Weingeist in Essig übergehen soll, so müssen zu demselben 4 Aeq. Sauerstoff hinzutreten; der Weingeist wird dann zu Essigsäurehydrat und Wasser oxydirt.

Aus $C_4H_6O_2$	$+ 4O$	werden gebildet	$C_4H_4O_4$	$+ 2HO$
($\Theta_2H_6\Theta$	$+ 2\Theta$	„ „	$\Theta_2H_4\Theta_2$	$+ H_2\Theta$)
Weingeist	Sauerstoff		Essigsäurehydrat	Wasser

Man kann diesen Process als eine langsame und unvollständige Verbrennung ansehen, und findet auch hier wieder bestätigt, was bei der Verbrennung von Holz an der Luft (132) und bei der Verbrennung des Zuckers durch Salpetersäure (259) angeführt wurde: dass nämlich der leicht verbrennliche und leicht oxydirbare Wasserstoff sich eher mit dem Sauerstoff verbindet als der schwerer verbrennliche Kohlenstoff. Hier wird, wie man sieht, von dem Kohlenstoff des Weingeistes nichts, von seinem Wasserstoff aber $\frac{1}{3}$ verbrannt oder durch den Sauerstoff der Luft oxydirt, ausserdem werden aber noch O_4 = 4 Aeq. Sauerstoff aus der Luft aufgenommen.

Essigbildung aus Holz. Ein Rückblick auf 572 mag noch erklärend andeuten, wie sich aus dem Holze durch trockne Destillation Essig erzeugen kann. Der Hauptbestandtheil des Holzes, die Cellulose, besteht aus: $C_{12}H_{10}O_{10}$, die wasserfreie Essigsäure aus $C_4H_3O_3$, oder dreifach genommen aus $C_{12}H_9O_9$; es braucht also der Cellulose nur 1 Aeq. Wasserstoff und Sauerstoff entzogen zu werden, um sie in Essigsäure überzuführen.

672. Aldehyd (Acetaldehyd). Bis jetzt haben wir nur den Ausgangspunkt (Weingeist) und den Endpunkt (Essigsäure) des Essigbildungsprocesses betrachtet; zwischen beiden aber befindet sich gerade in der Mitte noch eine eigenthümliche Verbindung, die man als halb verwandelten Weingeist oder als halb fertigen

Essig ansehen kann. Sie entsteht aus dem Weingeist, wenn zu diesem 2 Aeq. Sauerstoff getreten und dadurch 2 Aeq. Wasserstoff desselben zu Wasser oxydirt sind. Man hat ihr den Namen Aldehyd, d. h. Al-, Alkohol, de-, von dem, hyd-, Wasserstoff weggenommen ist, gegeben.

Aus $C_4H_6O_2$	$+ 2O$	werden	gebildet	$C_4H_4O_2$	$+ 2HO$
($\Theta_2H_6\Theta$	$+ \Theta$	„	„	$\Theta_2H_4\Theta$	$+ H_2\Theta$).
Weingeist	Sauerstoff			Aldehyd	Wasser

Diese Verbindung entsteht jederzeit in der ersten Periode der Essigbildung und verursacht den eigenthümlichen, erstickenden Geruch, den man in Essigstuben oft bemerkt; rein stellt sie eine dünne, farblose, schon bei 22^0 C. siedende Flüssigkeit von erstickendem Geruch dar. Der Aldehyd zieht mit grosser Begierde noch 2 Aeq. oder 1 At. Sauerstoff (O_2 oder Θ) aus der Luft an und verwandelt sich dadurch einfach in Essigsäurehydrat, $C_4H_4O_4$ oder HO, $C_4H_3O_3$. Dies geschieht in der zweiten Periode der Essigbildung, und zu dieser Zeit herrscht in den Essigstuben ein saurer Geruch.

Sehr leicht lässt sich Aldehyd erzeugen und an seinem characteristischen Geruche erkennen, wenn man, wie in 124 angegeben ist, einen glühenden Platindraht in Weingeistdampf hält, oder noch leichter, wenn man eine Weingeistflamme durch ein Drahtnetz niederdrückt. In beiden Fällen bildet er sich, nebst Essigsäure, Acetylen und anderen gasförmigen Producten, weil ein Theil des Weingeistdampfes in Folge der erniedrigten Temperatur nur 2 Aeq. Sauerstoff aufnimmt. Ebenso kann es nun nicht mehr befremdlich erscheinen, dass Aldehyd und Essigsäure in allen Fällen gebildet werden, wo Weingeist mit Körpern zusammenkommt, welche reich an Sauerstoff sind und ihn leicht abgeben, z. B. mit Chromsäure, Braunstein und Schwefelsäure etc. Auf solche Weise bereiteter Aldehyd findet seiner reducirenden Eigenschaften wegen Anwendung in der Technik.

Unter Aldehyden im weiteren Sinne begreift man überhaupt solche organische Verbindungen, welche eine Uebergangsstufe zwischen den Alkoholen und deren Säuren darstellen und aus ersteren durch oxydirende Stoffe in der Weise gebildet werden, dass diese ihnen 2 Aeq. H entziehen. Sie ziehen mit Begierde Sauerstoff an und oxydiren sich dadurch zu eigenthüm-

lichen Säuren; sie wirken daher als kräftige Reductionsmittel. Man benennt sie nach den Säuren, welche aus ihnen entstehen. Sie sind meist flüssig und flüchtig und geben mit Ammoniak, wie auch mit sauren schwefligsauren Alkalien, krystallisirbare Verbindungen, mit Kali behandelt aber sogenannte Aldehydharze.

673. Acetylsäure. Mit diesem Namen bezeichnet man die Essigsäure, wenn man die Gruppe $C_4H_3O_2$ als das Radical derselben, Acetyl, ansieht. Acetyl und O geben dann wasserfreie Acetyl- oder Essigsäure (Anhydrid), Acetyl und O + HO geben Acetyl- oder Essigsäurehydrat ($HO, C_4H_3O_3$). Durch Elektrolyse wird die Essigsäure in Kohlensäure und Methyl (683) zerlegt; es ist auch gelungen, durch Synthese diese zwei Verbindungen wieder zu Essigsäure zu vereinigen.

Acetylen (C_4H_2 oder Ꞓ_2H_2), wird ein gasförmiger, übelriechender Kohlenwasserstoff genannt, welcher halb so viel Wasserstoff enthält als das Aethylen (664) und sich beim unvollständigen Verbrennen organischer Körper, beim Durchleiten von Alkohol oder Aetherdampf durch glühende Röhren u. a. erzeugt. Das Leuchtgas enthält kleinere Mengen davon. Unter den zahllosen Kohlenwasserstoffen ist er bis jetzt der einzige, welchen man (mit Hülfe eines starken galvanischen Stromes) direct aus Kohle und Wasserstoff zusammenzusetzen vermag. In theoretischer Beziehung ist derselbe aus dem Grunde von besonderem Interesse, weil es mit seiner Hülfe möglich geworden ist, Alkohol künstlich aus seinen Elementen darzustellen. Acetylen verbindet sich nämlich mit mehr Wasserstoff zu Aethylen (C_4H_4), dieses aber giebt mit concentrirter Schwefelsäure Aetherschwefelsäure, welche mit Wasser gekocht in Alkohol und Schwefelsäure zerfällt. Es tritt also (unter Wasserbindung) die nachstehende Reihenfolge ein:

C_4H_2	—	C_4H_4	—	C_4H_5O	—	C_4H_5O, HO
Ꞓ_2H_2	—	Ꞓ_2H_4	—	$\left.\begin{matrix}\text{Ꞓ}_2H_5\\ \text{Ꞓ}_2H_5\end{matrix}\right\}\text{Ɵ}$	—	$\left.\begin{matrix}\text{Ꞓ}_2H_5\\ H\end{matrix}\right\}\text{Ɵ}$
Acetylen	—	Aethylen	—	Aethyloxyd (Aether)	—	Aethyloxydhydrat (Alkohol)

Aceton, eine angenehm riechende, leichte Flüssigkeit, entsteht, wenn man essigsaure Salze mit einer starken Basis (Kalk) trocken destillirt. Die Essigsäure der ersteren zerfällt dabei in

Kohlensäure und Aceton. Aus 2 Essigsäure $= C_8H_6O_6$ werden $C_6H_6O_2$ (Aceton) und $2CO_2$, welche von der Basis gebunden werden. Producte ähnlicher Art sind Butyron, Valeron u. a. (Ketone).

674. Eigenschaften des Essigs. Der Essig ist eine mit vielem Wasser verdünnte Essigsäure, oft noch gemengt mit fremdartigen Stoffen, die er aus den Materialien (Malz, Obst, Wein etc.) aufnahm, aus denen er bereitet wurde. Die beliebte gelbe oder bräunliche Farbe ertheilt man ihm oft künstlich durch gebrannten Zucker oder Cichorienbrühe. Der jetzt unter dem Namen Essigsprit im Handel vorkommende Essig enthält in 100 Maass ungefähr 8 bis 12, der Weinessig 6 bis 8, der gewöhnliche Speiseessig nur 2 bis 5 Maass Essigsäure; das Uebrige ist Wasser. Um die Stärke des Essigs zu ermitteln, verfährt man auf ähnliche Weise, wie bei der Prüfung der Pottasche (272), d. h. man untersucht, wie viel eine bestimmte Menge davon von einer Basis, am besten von Ammoniak, zu neutralisiren vermag. Die hierzu eingerichteten, in Grade getheilten Cylinder heissen A c e t o m e t e r. Bei dem Probiren damit giesst man bis zu *a* Lackmustinctur, bis zum Anfang der Scala den zu prüfenden Essig und setzt nun titrirte Ammoniakflüssigkeit zu, bis die rothe Farbe der Flüssigkeit sich eben wieder in Blau umändert.

Fig. 192.



β

a

Lässt man Essig längere Zeit an der L u f t stehen, so fängt er an sich zu z e r s e t z e n (zu verfaulen), und zwar um so leichter, je schwächer er ist. Dies zeigt sich bald durch eine Schimmelhaut (Kahm), bald durch Ausscheidung von gallertartigen Klumpen (Essigmutter), bald durch Erzeugung von Infusionsthierchen, die man oft schon mit blossen Augen erkennen kann, wenn man ein Glas Essig gegen die Sonne hält (Essigaale). Durch Aufkochen des Essigs lässt sich die weitere Zersetzung für einige Zeit aufhalten.

Der Essig ist ein wenig s c h w e r e r f l ü c h t i g als Wasser. Destillirt man ihn, so geht zuerst ein schwächerer, zuletzt ein stärkerer, farbloser Essig über (destillirter Essig) und die fremden nicht flüchtigen Beimengungen bleiben zurück.

Wird Essig der **Kälte** ausgesetzt, so wird das in ihm enthaltene Wasser früher in Eis verwandelt als die Essigsäure; man kann daher schwachen Essig durch theilweises Gefrieren stärker machen. Ebenso verhält sich der Wein in der Kälte; er wird auch stärker, d. h. weingeistreicher, wenn man einen Theil seines Wassers herausfrieren lässt.

675. Verfälschung des Essigs. Um dem Essig eine stärkere Schärfe oder Säure zu ertheilen, setzt man demselben zuweilen scharfe Stoffe, z. B. spanischen Pfeffer, Bertramwurzeln, ja wohl gar **Schwefelsäure** zu. Die scharfen organischen Stoffe lassen sich auch dann noch durch den Geschmack wahrnehmen, wenn man denselben mit Pottasche oder Soda genau neutralisirt hat. Die Schwefelsäure lässt sich leicht auf folgende Weise entdecken.

Versuch. Man fülle einen Topf halb voll Wasser und setze eine Tasse darauf, in die man den zu prüfenden Essig, nebst einigen Krümelchen **Zucker**, bringt; dann lässt man den Topf so lange auf einem heissen Ofen stehen, bis der Essig verdampft ist. Zeigt der Rückstand eine schwarze Farbe, so war der Essig schwefelsäurehaltig. Beim Erhitzen durch heissen Wasserdampf wird nur der Essig verflüchtigt, die etwa vorhandene Schwefelsäure aber bleibt zurück und erlangt endlich, wenn alle wässerigen Theile weggegangen sind, eine solche Stärke, dass sie zersetzend auf den beigemengten Zucker einwirkt und ihn verkohlt.

Fig. 193.



676. Chloressigsäuren und Chloral. Lässt man Chlor auf Essigsäure, $\Theta_2 H_4 \Theta_2$, wirken, so wird nach einander 1 H, 2 H, 3 H durch Chlor ersetzt und es entstehen als Substitutionsproducte

$$\left.\begin{matrix}\Theta_2 H_3 \\ Cl\end{matrix}\right\} \Theta_2 \qquad \left.\begin{matrix}\Theta_2 H_2 \\ Cl_2\end{matrix}\right\} \Theta_2 \qquad \left.\begin{matrix}\Theta_2 H \\ Cl_3\end{matrix}\right\} \Theta_2$$

Monochloressigsäure Dichloressigsäure Trichloressigsäure, welche sich als selbstständige Säuren verhalten und wie die Essigsäure Salze, Aether etc. bilden. Wie fest das Chlor in dem

Radical derselben, dem Chloracetyl, gebunden ist, ersieht man daraus, dass in den Lösungen derselben das salpetersaure Silberoxyd keinen Niederschlag von Chlorsilber erzeugt. Auch Brom, Jod und Cyan geben ähnliche Verbindungen, Jodessigsäure etc.

Chloral ist der Aldehyd der Trichloressigsäure, oder Acetaldehyd, $\text{Ɵ}_2\text{H}_4\Theta$, in welchem 3 Atome H durch Chlor ersetzt sind, $\text{Ɵ}_2 \left.\begin{matrix}\text{H}\\ \text{Cl}_3\end{matrix}\right\} \Theta$. Man erhält dasselbe durch sehr langes Einleiten von trocknem Chlorgas in Alkohol als eine farblose Flüssigkeit von durchdringendem, unangenehmem Geruch. Sein Name soll an diese Bildungsweise erinnern. Aus ihm entsteht durch Verbindung mit Wasser das wichtige Arzneimittel

Chloralhydrat, $\text{Ɵ}_2\text{HCl}_3\Theta + \text{H}_2\Theta$, welches fest ist und in farblosen oder weissen Krystallen in den Handel gebracht wird. Dasselbe löst sich leicht in Wasser, und diese Lösung übt, in den Magen gebracht, eine schlafmachende Wirkung auf den Menschen aus. Der Arzt verordnet das Chloralhydrat zu diesem Behufe in Gaben von 1,5 bis 3 Gm.

Versuch. Zu einer Lösung von Chloralhydrat in Wasser setze man etwas Kalilösung und überlasse die trüb gewordene Flüssigkeit einige Zeit der Ruhe; das Trübende geht allmälig zu Tröpfchen zusammen, die sich zu Boden senken und hier ein schweres, mit Wasser nicht mischbares Fluidum bilden, das sich schon durch seinen eigenthümlichen Geruch als Chloroform zu erkennen giebt. Alkalien bewirken ein Zerfallen des Chloralhydrats in Chloroform und Ameisensäure (ameisensaures Alkali). $\text{Ɵ}_2\text{HCl}_3\Theta + \left.\begin{matrix}\text{H}\\ \text{K}\end{matrix}\right\} \Theta = \text{ƟHCl}_3 + \left.\begin{matrix}\text{Ɵ}\Theta\text{H}\\ \text{K}\end{matrix}\right\} \Theta$. Ohne Zweifel findet ein gleiches Zerfallen auch in den alkalischen Säften der Eingeweide statt und man kann demnach die medicinische Wirkung des Chloralhydrats als eine sehr langsame und schwache, aber anhaltende Chloroformirung ansehen. Das Nähere über Chloroform s. 684.

XI. Verwandlung des Zuckers in Milchsäure und Buttersäure (schleimige Gährung).

677. *Versuch.* Wird ausgepresster Möhrensaft in einem offenen Gefässe an einen warmen Ort gestellt, wo er ungefähr bis auf 30 bis 40° C. erwärmt wird, so geräth er zwar, ähnlich wie bei 637, in Gährung, nach Beendigung derselben aber findet man, obwohl aller Zucker verschwunden ist, keinen Weingeist in der gegohrenen Flüssigkeit, sondern eine eigenthümliche Säure, Milchsäure, ferner Mannit und einen schleimigen, gummiähnlichen Körper. Man hat diesen Zersetzungsprocess schleimige oder Milchsäure-Gährung genannt; er zeigt recht augenscheinlich, wie höchst verschieden die Zersetzungsweise eines und desselben organischen Körpers je nach der Temperatur sein kann, bei welcher die Zersetzung vor sich geht. Bei einer Wärme von 10 bis 20° C. geräth der Möhrensaft in geistige Gährung, und sein Zucker zerfällt in Kohlensäure und Weingeist; bei einer höheren Temperatur gährt er ebenfalls, dabei aber wird der Zucker in Kohlensäure, Milchsäure, Mannit und einige andere Producte umgewandelt. Dieselbe Veränderung erfährt auch eine Lösung von reinem Zucker, wenn man ihr als Ferment einen faulenden Thierstoff, z. B. alten Käse (nebst einer Basis), beimischt und bei 40° C. stehen lässt. Bei längerer Einwirkung erfährt auch die erzeugte Milchsäure eine Veränderung, sie wird in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff zerlegt.

678. Milchsäure, $C_6H_6O_6$ oder $2HO, C_6H_4O_4 \left(\Theta_3H_4\Theta \begin{Bmatrix} \Theta H \\ \Theta H \end{Bmatrix}\right)$. Eine weitere Auflösung dieser Formel s. No. 551. Eine ähnliche Umwandlung in Milchsäure erfährt der in vielen Pflanzenstoffen enthaltene Zucker gleichfalls, wenn diese, mit Salz gemengt, in zusammengepresstem Zustande längere Zeit aufbewahrt werden. Der saure Geschmack, den wir an dem Sauerkohl, an den sauren Gurken und Bohnen etc. wahrnehmen, rührt hauptsächlich von Milchsäure her, die sich in diesen Substanzen auf eine noch nicht genau erforschte Weise bildet. In reichlichster Menge erzeugt sich die Milchsäure beim freiwilligen Sauerwerden der

Milch aus dem in dieser enthaltenen Milchzucker, desgleichen beim Sauerwerden des Stärkekleisters (600). Fertig gebildet findet sie sich auch in anderen Körpertheilen, z. B. im Muskelfleisch, Magensaft etc. Die reine Milchsäure ist eine farblose, geruchlose, dickliche Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack. Mit Zinkoxyd und Kalk bildet sie krystallinische Verbindungen, deren man sich zur Darstellung der Milchsäure gewöhnlich bedient. Ihrer chemischen Constitution nach kann die Milchsäure auch als Oxypropionsäure angesehen werden. Propionsäure oder Metacetonsäure ($C_6H_6O_4$ oder $Ɵ_3H_5Θ . ΘH$) vom Geruche der Essig- und Buttersäure, kann in der Säurenreihe, welche mit der Ameisensäure beginnt, als die Uebergangsstufe zu den Säuren der Fette und fetten Oele gelten (690). Die in der Fleischflüssigkeit enthaltene und aus dem Fleischextract am leichtesten darzustellende isomere Milchsäure hat den Namen Paramilchsäure erhalten.

679. Buttersäure, $C_8H_8O_4$ oder $HO, C_8H_7O_3$ ($Ɵ_4H_7Θ . ΘH$). Dass diese Säure sich aus der Milchsäure erzeugen kann, ist im Vorigen schon angegeben worden. Grössere Mengen davon erhält man aus dem sogenannten Johannisbrot (Isobuttersäure), oder auch aus Zucker (normale Buttersäure), wenn man sie mit Wasser und faulem Käse (und Kreide) bei 30° C. stehen (gähren) lässt; auch aus dem Butylalkohol (688) kann sie durch Oxydation gewonnen werden. Die frische Butter enthält sie in gebundenem Zustande, die alte Butter in freiem; ebenso findet sie sich in der Fleischflüssigkeit, im Schweisse und anderen thierischen Flüssigkeiten. Die Buttersäure ist farblos, destillirbar, von saurem, etwas ranzigem, an alte Butter erinnerndem Geruch, brennendem, saurem Geschmack, und lässt sich mit Wasser und Weingeist mischen. Mit Basen bildet sie die buttersauren Salze, die in trocknem Zustande geruchlos sind; mit Aethyloxyd und Amyloxyd angenehm riechende Aetherarten (661. 686). Durch längeres Kochen mit Salpetersäure geht die Butter in Bernsteinsäure über.

XII. Bildung von Weingeist, Essigsäure und Milchsäure beim Brotbacken (Brotgährung).

680. Mehl. Die Samen der Getreidearten, die wir zur Bereitung von Mehl und Brot benutzen, enthalten als Hauptbestandtheile: Stärke und Kleber, ausserdem immer auch ein wenig Dextrin. Beim Zerkleinern derselben durch Mahlen entsteht aus ihrer Schale und den zunächst darunter liegenden, an Fett, Stickstoff und phosphorsaurem Kalk reichen Theilen die Kleie, aus der innern weisseren Masse, der Eiweisskörper genannt wird, das Mehl. Der Kleber ist zäher und demnach schwerer feinzureiben als die Stärke; hieraus erklärt es sich, warum das durch wiederholtes Absieben (Beuteln) gewonnene feinere Weissmehl stärkereicher, das gröbere und dunklere Schwarzmehl dagegen kleberreicher ist. Das eigentlich Nährende des Mehls ist dem stickstoffhaltigen Kleber zuzuschreiben; Schwarzmehl und Schwarzbrot sind hiernach nahrhafter, als Weissmehl und Weissbrot, gleichzeitig aber auch schwerer verdaulich (auflöslich).

Mehlteig. *Versuch.* Man rühre Weizenmehl mit lauem Wasser zu einem dicken Brei an und lasse diesen, mit einem Brettchen bedeckt, in einer Obertasse 8 bis 10 Tage lang an einem warmen Orte stehen. Der Brei verändert sich allmälig und zwar lassen sich zwei Perioden hierbei unterscheiden. Zuerst entwickeln sich, am dritten oder vierten Tage, daraus Luftblasen von saurem, unangenehmem Geruche, und die Masse besitzt jetzt die Fähigkeit, Zucker in Milchsäure zu verwandeln, wie man leicht wahrnehmen kann, wenn man ein wenig davon zu Zuckerwasser setzt und dieses in die Wärme stellt. Nach 6 bis 8 Tagen riecht der Brei angenehm geistig, und wirkt nun, zu Zuckerlösung gebracht, wie Hefe, d. h. er bewirkt eine Zerlegung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure. Lässt man den Brei noch länger stehen, so nimmt er abermals einen sauren Geschmack an, der diesmal aber von Essigsäure herrührt, iu welche der vorher erzeugte Weingeist allmälig übergeht (Sauerteig). In diesem Zustande ruft derselbe in Zucker-

wasser zwar auch eine geistige Gährung hervor, welche aber ohne Aufenthalt in die saure, in Essigbildung übergeht. Dass diese drei verschiedenen Einwirkungen des in Zersetzung begriffenen Mehls auf den Zucker von dem eiweissartigen Stoffe desselben, dem Kleber, herrühren, ist aus dem Frühern klar; man könnte hiernach den wenig veränderten Kleber ein Milchsäureferment, den mehr veränderten ein Weingeistferment, den noch mehr veränderten ein Essigferment nennen.

681. Brot. Was hier langsam eintritt, erfolgt bei der Bereitung von Brot schnell, weil man zu dem mit Wasser angerührten Mehle absichtlich ein Ferment zusetzt.

Zur Darstellung von Weissbrot wendet man als Ferment die Oberhefe vom Bier an, die bekanntlich das kräftigste Weingeistferment ist; der aus dem Dextrin des Mehles sich rasch erzeugende Zucker wird dadurch in Weingeist und Kohlensäure zersetzt, welche zu entweichen streben und dabei die zähe Teigmasse auseinander treiben und locker und porös machen (Gehen oder Auflaufen des Teiges). Durch das schnelle Erhitzen im Backofen bis zu 160° bis 180° C. verflüchtigen sich diese Stoffe, nebst ungefähr der Hälfte des angewendeten Wassers, und die Zellenwände des Gebäckes erlangen eine solche Festigkeit, dass sie ihre Form und Stellung auch nach dem Erkalten behalten. Ist aber die Hitze des Ofens zu schwach oder der Teig zu wasserreich, so erhärten diese Wände zu langsam und fallen beim Entweichen der Kohlensäure zusammen oder fliessen in einander (Klantsch oder Schliff). Dieser Fall tritt am häufigsten bei dem Schwarzbrot ein, weil dieses in Folge seines grösseren Klebergehaltes das Wasser hartnäckiger zurückhält, und demnach langsamer austrocknet und erhärtet, als das stärkereichere Weissbrot.

Bei der Bereitung des Schwarzbrotes wird gewöhnlich Sauerteig als Ferment angewendet. Neben dem Weingeist und der Kohlensäure bildet sich hierbei auch ein wenig Essigsäure und Milchsäure (wohl auch etwas Buttersäure), die dem Brot einen säuerlichen Geschmack mittheilen. Aus 3 Pfund Mehl erhält man ungefähr 4 Pfund Brot; mindestens $1/3$ des Brotes besteht aus fixirtem Wasser. Das lockere, blasige Brot löst sich leicht im Magen auf, wir nennen es leicht verdaulich; das compacte, schliffige schwer, es ist schwer verdaulich.

Röstgummi. Aus 602 ist bekannt, dass Stärke durch Rösten in Dextringummi umgewandelt wird; dieselbe Verwandlung erleidet auch ein Theil der Stärke in der Hitze des Backofens, insbesondere auf der Oberfläche der Backwaaren, welche von dem Gewölbe des Ofens die stärkste Hitze empfängt. Wird die Rinde des heissen Brotes mit Wasser bestrichen und das Brot wieder einige Minuten in den Ofen gebracht, so löst sich etwas Dextrin auf und bildet nach dem Verdunsten des Wassers den glänzenden Ueberzug, den wir an dem Brote und der Semmel wahrnehmen.

682. Künstliche Gährmittel. Mit mehr oder weniger Vortheil kann man die zum Auftreiben der Backwaaren dienende Kohlensäure auch auf andere Weise als durch Gährung des Zuckers erzeugen; ja es lassen sich hierzu auch ganz andere Stoffe anwenden, welche in der Hitze luftförmig werden.

Versuch. Man menge 1 Decigr. feingeriebenes doppeltkohlensaures Natron recht genau mit 6 Grm. Mehl und knete dieses mit 4 Grm. Wasser, das man vorher mit 4 Tropfen Salzsäure vermischt hat, zu einem Teige zusammen. Der Teig wird erst einige Zeit an einen warmen Ort gestellt und dann in einer heissen Ofenröhre oder in einem Löffel über einer Weingeistflamme gebacken. Man erhält eine lockere Brotmasse, weil die Kohlensäure des Natronsalzes durch die Salzsäure verjagt wird und den noch weichen Teig auftreibt. Das entstandene Kochsalz bleibt in dem Brote zurück und ertheilt ihm einen kräftigen Geschmack. Zu gleichem Zwecke wird neuerlich das Backpulver empfohlen, welches, den getheilten Brausepulvern ähnlich, einerseits aus doppeltkohlensaurem Natron, andererseits aus saurem phosphorsaurem Kalk zusammengesetzt wird.

Versuch. 6 Grm. Mehl werden mit 2 Decigr. von kohlensaurem Ammoniak verrieben und dann mit lauem Wasser zu einem Teige geknetet und wie eben angegeben weiter behandelt. Auch hier wird die Masse nach dem Gehen und Backen blasig und locker sein, weil das kohlensaure Ammoniak (Hirschhornsalz) in der Hitze luftförmig wird und während seines Entweichens den Teig auseinander treibt. Auf diese Weise bereiten die Bäcker gewöhnlich ihre leichten und lockeren Waaren,

z. B. Pfefferkuchen etc. Aehnlich, obwohl schwächer, wirken auch Weingeist und Rum, die man nicht selten, um das Gehen zu befördern, unter den zu Backwaaren bestimmten Teig knetet.

XIII. Methylalkohol oder Holzgeist.

$C_2H_4O_2$ oder C_2H_3O, HO ($\Theta H_3 . \Theta H$).

683. Nachdem der Weingeist und seine Veränderungen, namentlich seine Umwandlung in Aether und Essigsäure, im Vorhergehenden betrachtet worden sind, mögen hier noch die auffallenden Familienähnlichkeiten, welche zwei andere Flüssigkeiten, die man als Geschwister des Weingeistes ansehen kann, der Holzgeist und Fuselgeist und einige andere zeigen, kurz berührt werden.

Der reine Methylalkohol, dessen beiläufige Gewinnung schon bei der trocknen Destillation des Holzes in Nro. 574 erwähnt worden, ist eine farblose, leichte (specif. Gew. 0,807), bei 65° C. siedende, brennbare Flüssigkeit von geistig-brenzlichem Geruch, brennendem Geschmack und berauschender Wirkung. Auch in seiner chemischen Constitution und seinen Verbindungen und Zersetzungen verhält sich der Methylalkohol (Methyloxydhydrat) dem Aethylalkohol (Aethyloxydhydrat) ganz ähnlich, er liefert analoge Derivate: Methyläther, Methylätherschwefelsäure, zusammengesetzte Methylätherarten, Methylamine, Methylammoniake und durch Einwirkung von 4 O oder 2 Θ eine besondere Säure (Ameisensäure). Selbst das Radical ist qualitativ gleich, dagegen quantitativ verschieden und einfacher. Den Aethylverbindungen liegt der Kohlenwasserstoff C_4H_5 (Θ_2H_5) zu Grunde, den Methylverbindungen der Kohlenwasserstoff C_2H_3 (ΘH_3) oder das Methyl.

Solche Methylverbindungen sind beispielsweise:

C_2H_3, O oder $(\Theta H_3)_2 \Theta$, Methyläther oder Methyloxyd, ein farbloses Gas;

C_2H_3,H oder $\mathrm{C}H_3.H$, Methylwasserstoff, entspricht dem Aethylen- oder Grubengase;

C_2H_3,Cl oder $\mathrm{C}H_3.Cl$, Chlormethyläther, giebt durch Substituirung von H_2 durch Cl_2 das bekannte Chloroform u. a. m.

Von den Aminen ist das nach Heringslake riechende Trimethylamin, $(\mathrm{C}H_3)_3N$ in der letzteren, in *Chenopodium vulvaria*, in den Blüthen von *Crataegus oxyacantha*, im Leberthran und im Steinkohlentheer- und Knochenöl enthalten. Von den Metallverbindungen ist das Arsendimethyl, $As(\mathrm{C}H_3)_2$, unter dem Namen Kakodyl sehr bekannt geworden, weil es diese Verbindung war, welche zu der überraschenden Entdeckung führte, dass die Alkoholradicale sich mit Metallen verbinden können. Dasselbe trägt ebenfalls den Charakter eines Radicals.

684. Chloroform, C_2HCl_3 oder $\mathrm{C}HCl_3$. Diese Flüssigkeit, deren Dämpfe, eingeathmet, anästhetisch wirken, d. h. zeitweilige Betäubung und Gefühllosigkeit hervorbringen, kann, wie schon in voriger Nummer angedeutet worden, als ein Substitutionsproduct des Chlormethyls angesehen werden. Ebenso aber auch als Ameisensäure-Anhydrid, dessen Sauerstoff durch Chlor ersetzt worden (Formylchlorid). Es entsteht bei Einwirkung von Chlor nicht nur auf verschiedene Methylverbindungen, sondern auch auf Aethylverbindungen. Man bereitet es gewöhnlich durch Destillation von Weingeist, Wasser und Chlorkalk. Das Chloroform ist eine farblose, schwere (specif. Gew. 1,48), flüchtige Flüssigkeit von ätherisch-süsslichem Geruch und Geschmack; es stellt ein gutes Lösungsmittel nicht nur für Harze, sondern auch für Fette, Kautschuk, Schwefel, Phosphor u. a. dar. Ganz rein zersetzt es sich leicht und wird sauer oder chlorhaltig; kleine Mengen von Weingeist machen es haltbar. Mit Kalilauge gekocht bildet es Chlorkalium und ameisensaures Kali. Die Anwendung bei chirurgischen Operationen geschieht einfach so, dass man ein damit angefeuchtetes Tuch vor den Mund hält; bei vollkommner Reinheit des Chloroforms und sachverständiger Anwendung geht die Bewusstlosigkeit ohne nachtheilige Folgen vorüber.

Wird aller Wasserstoff in dem Chloroform durch Chlor ersetzt, so erhält man Chlorkohlenstoff, C_2Cl_4 oder $\mathrm{C}Cl_4$, eine angenehm riechende, ätherartige Flüssigkeit, welche auch in der Heilkunde Anwendung findet.

685. Ameisensäure, $C_2H_2O_4$ oder HO, C_2HO_3 (ƟHΘ.ΘH). Die Aehnlichkeit zwischen Aethyl- und Methylalkohol erstreckt sich auch auf den Uebergang in eine correspondirende Säure. Durch Entziehung von 2 Aeq. H wird der Methylalkohol zu Aldehyd (Formylaldehyd) und Wasser, durch Zutritt von 2 Aeq. O wird dieser Aldehyd zu Ameisensäure. Sie wird auch Formylsäure genannt, indem man die Gruppe C_2HO_2 als das Säureradical Formyl ansieht.

Diese Säure kommt natürlich in den Ameisen, den Brennnesseln, Fichtennadeln etc. vor und lässt sich künstlich aus Zucker, Stärke, Weinsäure und vielen anderen organischen Stoffen darstellen, wenn man sie mit sauerstoffreichen Körpern, z. B. mit Salpetersäure, Chromsäure, Braunstein und Schwefelsäure etc., erhitzt. Da sie flüchtig ist, so destillirt sie hierbei über. Fast augenblicklich lässt sich der Methylalkohol in Ameisensäure umwandeln, wenn man ihn flüssig oder als Dunst mit dem porösen Platinmohr zusammenbringt (670). Wissenschaftlich interessant ist ihre Synthese aus Kohlenoxyd und Wasser ($C_2O_2 + H_2O_2$ oder $\text{ƟΘ} + H_2\text{Θ}$) durch längeres Erhitzen derselben mit Kali. Gegentheiliger Weise lässt sie sich durch concentrirte Schwefelsäure wieder in Kohlenoxyd und Wasser, durch Chlor, Salpetersäure oder die Oxyde der edlen Metalle aber in Kohlensäure und Wasser zerlegen.

Die Ameisensäure stellt in reinem Zustande eine der Essigsäure ähnliche, farblose Flüssigkeit von sehr saurem Geschmack und durchdringendem, stechendem Geruch dar. Bis zum Eispunkte abgekühlt, erstarrt sie zu einer weissen, krystallinischen Masse. Auf die Haut getröpfelt, röthet sie diese und zieht Blasen. Der durch Destillation von Weingeist über Ameisen gewonnene Ameisenspiritus der Apotheken enthält eine kleine Menge von dieser Säure in Auflösung. Mit Basen bildet die Ameisensäure Salze, welche in Wasser löslich sind und mit Schwefelsäure und Weingeist erwärmt angenehm riechenden Ameisenäther entwickeln.

XIV. Amylalkohol oder Fuselgeist.

$C_{10}H_{12}O_2$ oder $C_{10}H_{11}O, HO$ ($\Theta_5H_{11} . \Theta H$).

686. Das bei der Weingeistgährung sich mit erzeugende Fuselöl (649) besteht in der Hauptsache aus einer Alkoholart, welche sich mit Wasser nicht mischen lässt, sondern auf demselben schwimmt, da sie nur ein specif. Gew. von 0,818 hat. In reinem Zustande ist dieselbe eine farblose, brennbare Flüssigkeit von sehr unangenehmem, Husten erregendem Geruch und brennendem Geschmack. Da dieser Alkohol schwerer flüchtig ist als der Aethylalkohol (er kocht bei 130° C.), so erkennt man ihn im rohen Spiritus und Branntwein besonders deutlich durch den Geruch, wenn man einige Tropfen desselben zwischen den Händen verreibt. Man sieht den Kohlenwasserstoff $C_{10}H_{11}$ oder Θ_5H_{11}, Amyl, als das Radical des Amylalkohols und ihn selbst sonach als Amyloxydhydrat an. Mit Schwefelsäure gekocht geht derselbe in Amyläther über, welcher mit Säuren die zusammengesetzten Amylätherarten darstellt, von denen folgende Anwendung finden:

Essigsaures Amyloxyd erhält man, wenn man 2 Thle. essigsaures Kali, 1 Thl. Amylalkohol und 1 Thl. englische Schwefelsäure in einem Probirgläschen kocht; es entwickelt sich dann ein lieblicher Birnengeruch. Leitet man die Dämpfe in ein anderes mit Wasser halb angefülltes Probirgläschen, so setzen sich auf dem Wasser ölähnliche Tropfen ab, die einen dem Essigäther analogen Amyläther darstellen. Unter dem Namen Birnenöl oder Birnenäther wird diese Flüssigkeit zur Darstellung von Fruchtbonbons und zur Parfümirung angewendet. Aehnliche wohlriechende, obwohl aus sehr übelriechenden Bestandtheilen zusammengesetzte Amylverbindungen sind das Aepfelöl (baldriansaures Amyloxyd) und das Cognacöl (buttersaures Amyloxyd).

687. Valeriansäure oder Baldriansäure, $C_{10}H_{10}O_4$ oder $HO, C_{10}H_9O_3$ ($\Theta_5H_9\Theta . \Theta H$), die dem Amylalkohol entsprechende Säure, erzeugt sich aus diesem in ganz gleicher Weise, wie die

Essigsäure aus dem Aethylalkohol und die Ameisensäure aus dem Methylalkohol. Durch Zuführung von 2 Aeq. O, welche dem Amylalkohol 2 Aeq. H entziehen, entsteht Valeraldehyd und Wasser, durch weitere Zuführung von 2 O entsteht Valeriansäure, eine Verbindung des Säureradicals Valeryl mit Sauerstoff und Wasser.

Diese Säure, welche eine ölartige, farblose Flüssigkeit von durchdringendem, weichlich unangenehmem, käseartigem Geruch darstellt, kommt natürlich in der Baldrian- und Angelicawurzel vor und erzeugt sich ferner von selbst bei der Fäulniss von Käse und anderen thierischen Stoffen. In Nro. 678 ist schon angegeben, dass sie auch unter den Fäulnissproducten der vegetabilischen Proteïnstoffe auftritt.

Der in den modernen Formeln der besprochenen Säuren vorkommenden Atomgruppe ΘH oder HΘ hat man den Namen Hydroxyl beigelegt.

XV. Anderweite Alkohole.

688. Zu der Gruppe der Alkohole werden unter anderen noch gerechnet:

Propylalkohol, im Fuselöl der Weintreber, dem Aethylalkohol sehr ähnlich; liefert durch Oxydation die Propionsäure.

Butylalkohol, im Fuselöl der Kartoffeln und der Runkelrübenmelasse.

Caproylalkohol (Hexylalkohol) und Oenanthylalkohol (Heptylalkohol), im Fuselöl der Weintreber, auch aus dem amerikanischen Petroleum darstellbar.

Caprylalkohol (Octylalkohol) und Decatylalkohol, gleichfalls aus dem amerikanischen Petroleum darstellbar.

Cetyl-, Ceryl- und Myricylalkohol, sind fest und wachsähnlich; der erste wird aus dem Wallrath, der zweite aus dem vegetabilischen Wachs, der dritte aus dem Bienenwachs dargestellt (706).

Die diesen Alkoholen entsprechenden, als Derivate derselben anzusehenden Säuren finden sich insbesondere in den Fetten.

als: Capronsäure, Caprylsäure, Caprinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure (715).

Zweisäurige Alkohole sind: Aethylen-, Propylen-, Butylen-Alkohol; von ihnen werden die zweibasischen Säuren: Oxalsäure, Bernsteinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure, Citronsäure etc. abgeleitet. Wie ein dreisäuriger Alkohol verhält sich das Glycerin (719), wie ein sechssäuriger der Mannit (628), von welchem letzteren man die Zuckersäure und Schleimsäure ableitet.

Vergleichende Zusammenstellung der Alkoholradicale und Alkohole.

689. Ordnet man die Alkohole und ihre Radicale, von den einfachen zu den zusammengesetzteren fortschreitend, unter einander, so erhält man die nachstehende Reihenfolge:

Einwerthige.	Aequivalentformel.		Molecularformel.	
	Radical.	Alkohol.	Radical.	Alkohol.
Methylalkohol . .	$C_2 H_3$	$C_2 H_4 O_2$	$\text{Ɵ} H_3$	$\text{Ɵ} H_4 \Theta$
Aethylalkohol . .	$C_4 H_5$	$C_4 H_6 O_2$	$\text{Ɵ}_2 H_5$	$\text{Ɵ}_2 H_6 \Theta$
Propylalkohol . .	$C_6 H_7$	$C_6 H_8 O_2$	$\text{Ɵ}_3 H_7$	$\text{Ɵ}_3 H_8 \Theta$
Butylalkohol . . .	$C_8 H_9$	$C_8 H_{10} O_2$	$\text{Ɵ}_4 H_9$	$\text{Ɵ}_4 H_{10} \Theta$
Amylalkohol . . .	$C_{10} H_{11}$	$C_{10} H_{12} O_2$	$\text{Ɵ}_5 H_{11}$	$\text{Ɵ}_5 H_{12} \Theta$
Caproylalkohol . .	$C_{12} H_{13}$	$C_{12} H_{14} O_2$	$\text{Ɵ}_6 H_{13}$	$\text{Ɵ}_6 H_{14} \Theta$ etc.
Cetylalkohol . . .	$C_{32} H_{33}$	$C_{32} H_{34} O_2$	$\text{Ɵ}_{16} H_{33}$	$\text{Ɵ}_{16} H_{34} \Theta$
Cerylalkohol . . .	$C_{54} H_{55}$	$C_{54} H_{56} O_2$	$\text{Ɵ}_{27} H_{55}$	$\text{Ɵ}_{27} H_{56} \Theta$
Myricylalkohol . .	$C_{60} H_{61}$	$C_{60} H_{62} O_2$	$\text{Ɵ}_{30} H_{61}$	$\text{Ɵ}_{30} H_{62} \Theta$ etc.
Zweiwerthige.				
Aethylenalkohol .	$C_4 H_4$	$C_4 H_6 O_4$	$\text{Ɵ}_2 H_4$	$\text{Ɵ}_2 H_6 \Theta_2$
Propylenalkohol .	$C_6 H_6$	$C_6 H_8 O_4$	$\text{Ɵ}_3 H_6$	$\text{Ɵ}_3 H_8 \Theta_2$
Butylenalkohol . .	$C_8 H_8$	$C_8 H_{10} O_4$	$\text{Ɵ}_4 H_8$	$\text{Ɵ}_4 H_{10} \Theta_2$
Amylenalkohol . .	$C_{10} H_{10}$	$C_{10} H_{12} O_4$	$\text{Ɵ}_5 H_{10}$	$\text{Ɵ}_5 H_{12} \Theta_2$ etc.

Nimmt man den Sauerstoff als festen Vergleichungspunkt an, so findet beim Aufsteigen von Stufe zu Stufe eine Vermehrung um 2 Aeq. Kohlen- und Wasserstoff (C_2H_2) oder um 1 Atom Kohlenstoff und 2 At. Wasserstoff ($ЄH_2$), oder aber um ein Mehrfaches davon statt. Wie sich hierdurch, ausser den chemischen Eigenschaften, auch die physikalischen ändern, zeigt der Siede- resp. Schmelzpunkt der Verbindungen der ersten Abtheilung; beide steigen mit der Vermehrung der Kohlenwasserstoffe. So kocht Methylalkohol bei 65° C., Aethylalkohol bei 78°, Amylalkohol bei 132° etc. So schmilzt Cetylalkohol bei 20°, Cerylalkohol bei 79°, Myricylalkohol bei 85°. Weiter lehren die obigen Formeln, dass die einwerthigen oder einatomigen Radicale durch Verlust von 1 H in zweiwerthige oder zweiatomige übergehen und dass die zweiatomigen Alkohole sich von den einatomigen durch einen Mehrgehalt von 2 Aeq. O unterscheiden. Man nennt Zusammenstellungen solcher Art übereinstimmende oder **homologe Reihen**. Eine besonders vollständige homologe Reihe bilden die aus den einatomigen Alkoholen entstehenden sogenannten fetten Säuren der folgenden Nummer.

Vergleichende Zusammenstellung der den Alkoholen zugehörigen Säuren (Hydrosäuren).

690. Die den einatomigen Alkoholen zugehörigen Säuren geben folgende (gekürzte) homologe Reihe:

	Aequivalent-Formel.	Molecular-Formel.	Siedepunkt.
Ameisensäure	$C_2 H_2 O_4$	$Є H_2 Θ_2$	100° C.
Essigsäure	$C_4 H_4 O_4$	$Є_2 H_4 Θ_2$	118
Propionsäure	$C_6 H_6 O_4$	$Є_3 H_6 Θ_2$	140
Buttersäure	$C_8 H_8 O_4$	$Є_4 H_8 Θ_2$	162
Valeriansäure	$C_{10} H_{10} O_4$	$Є_5 H_{10} Θ_2$	174
Capronsäure	$C_{12} H_{12} O_4$	$Є_6 H_{12} Θ_2$	199
Oenanthylsäure . . .	$C_{14} H_{14} O_4$	$Є_7 H_{14} Θ_2$	219
Caprylsäure	$C_{16} H_{16} O_4$	$Є_8 H_{16} Θ_2$	236
			Schmelzpunkt.
Caprinsäure	$C_{20} H_{20} O_4$	$Є_{10} H_{20} Θ_2$	27° C.
Palmitinsäure	$C_{32} H_{32} O_4$	$Є_{16} H_{32} Θ_2$	62
Stearinsäure	$C_{36} H_{36} O_4$	$Є_{18} H_{36} Θ_2$	69
Cerotinsäure	$C_{54} H_{54} O_4$	$Є_{27} H_{54} Θ_2$	78
Melissinsäure	$C_{60} H_{60} O_4$	$Є_{30} H_{60} Θ_2$	80

Man bezeichnet die vorstehenden Säuren mit dem gemeinsamen Namen fette Säuren, und zwar die ersteren als flüchtige, die letzteren als eigentliche. Die eigentlichen fetten Säuren bilden die Hauptmasse der Fett- und Wachsarten (706. 710) und kommen im nächstfolgenden Abschnitte zur Besprechung. Aus der mitgetheilten homologen Reihe geht hervor, dass in aufsteigender Linie auch hier, wie bei den Alkoholen (689), immer eine Vermehrung um 2 Aeq. Kohlenstoff und Wasserstoff ($C_2 H_2$) oder um 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Wasserstoff ($Є H_2$) stattfindet und dass mit dieser stufenweisen Vermehrung auch eine regelmässige Aenderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser Säuren, d. h. die Umbildung einer Säure in eine neue, Hand in Hand geht. Weiter tritt die ausserordentlich grosse Verbindungsfähigkeit des Kohlenstoffs und Wasserstoffs durch diese Reihe in ein sehr helles Licht: in dem An-

fangsgliede derselben, der Ameisensäure, hat 1 Mol. nur 5 At. ($\Theta H_2 \Theta_2$), auf 1 Mol. des Endgliedes, der aus dem Bienenwachs dargestellten Melissinsäure, kommen dagegen 92 At. ($\Theta_{30} H_{60} \Theta_2$). Mit der Vermehrung der Atome in den Molecülen wächst hier, wie bei den Alkoholen, die Zusammenhangs- oder Cohäsionskraft der Molecüle, es sind daher steigende Wärmemengen erforderlich, um die letztere zu überwinden, d. h. um feste Säuren zum Schmelzen und flüssige zum Sieden zu bringen.

Rückblick auf die Veränderungen des Zuckers und Weingeistes.

1) Der Zucker verwandelt sich:

a) durch Entziehung von Sauerstoff und Wasserstoff in braune, kohlenreiche (humose) Substanzen und Wasser;

b) durch Zuführung von Sauerstoff in Zuckersäure, Oxalsäure und Wasser, zuletzt in Kohlensäure und Wasser;

c) durch Berührung mit stickstoffhaltigen Körpern, welche zu Hefenpilzen auswachsen, bei niedriger Temperatur in (wasserstoffreichen) Alkohol und (sauerstoffreiche) Kohlensäure (geistige Gährung);

d) unter gleichen Umständen bei etwas höherer Temperatur in Milchsäure, Propionsäure, Buttersäure u. a. Stoffe (Milchsäure-Gährung, schleimige Gährung).

2) Die Umwandlung des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure und die Bildung von Hefenzellen erfolgt bei niedriger Temperatur langsam (Untergährung), bei höherer schnell (Obergährung).

3) Man benutzt zwar auch Stärke zur Erzeugung von Weingeist, diese muss aber jederzeit zuvor in Zucker verwandelt werden.

4) Der Weingeist konnte bis vor Kurzem nur auf diesem einzigen Wege, nämlich durch die Gährung des Zuckers dargestellt werden, jetzt ist es gelungen, ihn künstlich aus seinen Elementen darzustellen.

5) Der Weingeist, Aethylalkohol ($C_4H_6O_2$), verwandelt sich:

a) durch Entziehung von 2 Aeq. Sauerstoff und 2 Aeq. Wasserstoff in Aethylen (ölbildendes Gas);
b) durch Entziehung von 1 Aeq. Sauerstoff und 1 Aeq. Wasserstoff in Aether (Aethyläther);
c) durch Entziehung von 2 Aeq. Wasserstoff in Aldehyd (Acetaldehyd), welcher durch Aufnahme von 2 Aeq. Sauerstoff in Essigsäure übergeht.

6) Als die Grundlage (Radical) des Weingeistes und Aethers wird der Kohlenwasserstoff C_4H_5 (Θ_2H_5) angesehen und Aethyl genannt. Das Aethyl verbindet sich nicht nur, dem Ammonium ähnlich, mit Metalloiden (Chloräthyl etc.), sondern auch, dem Cyan ähnlich, mit Metallen (Stannäthyl etc.). Aether ist hiernach Aethyloxyd, Weingeist Aethyloxydhydrat.

7) Das Aethyloxyd verhält sich gegen Säuren wie eine Basis und lässt sich mit ihnen zu neutralen oder sauren Verbindungen vereinigen, welche sich den Sauerstoffsalzen ähnlich verhalten (zusammengesetzte Aetherarten und Aethersäuren).

8) In dem Ammoniak kann der Wasserstoff, Aequivalent für Aequivalent, durch Aethyl, Methyl etc. ersetzt (substituirt) werden (Aethylamine, Methylamine etc.).

9) Dem Aethylalkohol analog verhalten sich viele andere Verbindungen: sie erfahren die gleichen Veränderungen wie ersterer nach Nro. 5; sie enthalten auch Kohlenwasserstoffe, aber von anderer Zusammensetzung, als Radicale (Methyl-, Amylalkohol etc.).

10) Diese Radicale bilden eine homologe Reihe (689) und besitzen, wie die Elemente, eine verschiedene Werthigkeit oder Atomigkeit (544). Die meisten und bekanntesten sind einwerthig oder einatomig.

11) Hiernach theilt man auch die Alkohole ein in einatomige, zweiatomige, dreiatomige oder -werthige etc.; die ersteren können als Alkohole mit 1 Aeq. Wasser, die zweiten als solche mit 2 Aeq. und die dritten mit 3 Aeq. Wasser angesehen werden.

12) Die aus den einatomigen Alkoholen durch Abgabe von 2 Aeq. H und Aufnahme von 2 Aeq. O entstehenden Säuren bilden ebenfalls eine homologe Reihe (690). Sie können als Verbindungen eines aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff bestehenden

Radicals (Acetyl, Formyl etc.) mit Sauerstoff angesehen werden (722).

XVI. Fette und fette Oele.

691. Oel, Schmalz, Talg. *Versuch.* Man breche einen Mandelkern entzwei und drücke das weisse Fleisch mit dem Fingernagel zusammen: es dringen kleine Tröpfchen einer Flüssigkeit heraus, die sich schlüpfrig anfühlen und darauf gepresstes Fliesspapier fettig und durchsichtig machen. Diese Flüssigkeit heisst Mandelöl. Zerkleinert man die Mandeln vorher und presst sie dann, in ein Tuch gepackt, in einer Presse stark aus, so erhält man daraus über $1/4$ ihres Gewichtes an Mandelöl. Sehr viele Pflanzen enthalten einen ähnlichen, öligen Saft, insbesondere in ihren Samen, und aus vielen der letzteren werden durch Zerstampfen und Auspressen Oele gewonnen. Man hat dieser Art von Oelen den Namen fette Oele gegeben, weil sie dickflüssig sind und sich fettig anfühlen. In geringer Menge finden sie sich in allen Pflanzen, selbst in solchen, in denen man sie gar nicht vermuthen sollte, z. B. in den Getreide- und Grasarten etc. In vereinzelten Fällen besitzen sie eine festere Consistenz; Cocos- und Palmöl sind schmalzähnlich, Cacao- und Muskatbutter talgähnlich.

Schmalz. *Versuch.* Man koche etwas zerschnittenes fettes Schweinefleisch einige Zeit mit wenig Wasser und presse die weiche Masse noch heiss durch ein Leinwandläppchen; auf dem Wasser schwimmt gleichfalls ein fettes Oel, welches aber nur bei einer Temperatur von ungefähr 30° C. flüssig ist, darunter abgekühlt dagegen zu einem festen, jedoch weichen, weissen Körper gerinnt. Dass dieser sich auch schlüpfrig anfühlt und auf Papier Fettflecke hervorbringt, ist bekannt genug. Solche Fettarten, die bei gewöhnlicher Temperatur eine weiche,

salbenartige Consistenz haben, werden Schmalz oder schlechtweg Fett genannt, die in dem Läppchen zurückgebliebenen mit Fett durchdrungenen thierischen Zellen und Häute aber Griefen.

Talg. Fettes Rindfleisch, auf gleiche Weise behandelt, liefert ein Fett, welches in der Hitze zwar auch flüssig ist, wie Oel, aber schon bei einer Abkühlung bis zu ungefähr 36° C. gerinnt und dann eine noch härtere Masse als das Schmalz, den bekannten Talg, bildet. Durch Auskochen und Ausbraten können wir aus allen Thierstoffen Fette ausschmelzen, in reichlicher Menge besonders aus dem Fleische der Hausthiere, bei denen wir durch Mästung, d. h. durch reichliche Nahrung bei verhinderter Bewegung der Thiere, die Erzeugung von Fett oft auf das Unglaublichste zu vermehren im Stande sind. Die durch Auskochen mit Wasser gewonnenen Fette sind weiss, weil dabei die Erhitzung nicht über 100° C. steigen konnte; die durch Ausbraten ohne Wasser dargestellten haben dagegen eine gelbe oder braune Farbe (braune Butter, Bratenbrühe etc.), weil bei der hierbei stattfindenden stärkeren Erhitzung, die bis über 300° C. steigen kann, ein Theil des Fettes brenzlich wird. Die Thierfette würden streng genommen in die dritte Abtheilung dieses Werkchens gehören, sie stimmen aber in ihren Eigenschaften so genau mit den Pflanzenfetten überein, dass die Uebersicht eine deutlichere wird, wenn man sie gleich an die letzteren anreiht.

Die Fette der Pflanzen sind meistens flüssig (fette Oele), die der fleischfressenden Säugethiere und der Vögel weich (Schmalz), die der pflanzenfressenden Säugethiere hart (Talg).

Eigenschaften der Fette.

692. Fette sind nicht flüchtig. *Versuch.* Man reibe ein wenig Fett auf Papier und lege das letztere auf einen heissen Ofen: der Fettfleck wird nicht verschwinden, wenn auch das Papier noch so lange erwärmt wird, denn die Fette sind nicht flüchtig.

Wie in Papier, so ziehen die Fette sich auch mit grosser Leichtigkeit in alle anderen porösen Körper hinein, z. B. in Holz, Leder etc. Da die Fette im Innern dieser Körper lange

Zeit hindurch weich bleiben, so hat man in ihnen ein Mittel, um biegsame Körper geschmeidig zu machen und zu erhalten. Deswegen wird das lederne Pferdegeschirr und das Schuhzeug von Zeit zu Zeit eingefettet, deswegen knetet der Weissgerber seine Schafhäute mit Fischthran durch (Walken), wenn sie zu geschmeidigem Handschuhleder werden sollen etc. Besonders stark ist die Fett einsaugende Kraft in dem Thon und Lehm, wie man daran erkennt, dass diese Substanzen im Stande sind, das in Holz oder Papier eingedrungene Fett wieder herauszuziehen. Dünne Stoffe erlangen dadurch, dass ihre Poren statt mit Luft mit Fett ausgefüllt sind, eine grössere Durchsichtigkeit, gewöhnliches Papier wird auf diese Weise so durchscheinend, dass es zum Durchzeichnen und zu Transparentgemälden angewendet werden kann.

693. Fette und Wasser. Die Fette schwimmen auf Wasser, sie haben sonach ein geringeres specifisches Gewicht als das Wasser. Dieser Eigenschaft wegen kann man sie benutzen, um von anderen Körpern, die man damit übergiesst, die Luft abzusperren. Eine Eisenvitriolauflösung zieht an der Luft schnell Sauerstoff an und lässt basisches Eisenoxydsalz fallen (400); sie bleibt aber unverändert, wenn sie mit einer Oelschicht bedeckt ist. Frisch gepresster Citronensaft schimmelt bald an der Luft, unter einer Oeldecke schimmelt er nicht. Eingemachte Früchte halten sich viel länger, wenn sie mit geschmolzener Butter übergossen werden.

Die Fette sind im Wasser unlöslich, man kann daher durch sie andere Körper vor dem Eindringen von Wasser schützen. Durch Einschmieren mit Talg oder Fett verhindern wir das Durchgehen der Nässe durch unser Schuhwerk, durch Einölen das Rosten des Eisens an feuchter Luft, durch Anstreichen mit Leinöl oder Leinölfirniss das Eindringen von Feuchtigkeit in das Holz-, Segel- und Tauwerk der Schiffe, und damit das schnelle Vermodern und Verfaulen derselben. Mit Oel vollkommen durchdrungenes Bauholz hält sich in feuchter Erde unverändert, während gewöhnliches Holz oft schon innerhalb weniger Jahre durch Fäulniss zerstört wird.

694. Emulsion. *Versuch.* Man schüttle in einem Probirgläschen Oel und Wasser tüchtig durcheinander: das Oel vertheilt

sich in kleine Tröpfchen und macht das Wasser milchig, bei ruhigem Stehen setzt es sich aber bald wieder oben ab. Viel länger wird es dagegen im Wasser schwebend erhalten, wenn dieses schleimige Stoffe, z. B. Gummi oder Eiweiss, enthält, wie man leicht bemerkt, wenn man etwas Oel mit Eiweiss, Eidotter oder einer dickflüssigen Auflösung von Gummi arabicum zusammenreibt und dann erst nach und nach Wasser zubringt. In der entstandenen Milch, die den Namen Emulsion (Oelemulsion) führt, tritt erst nach mehren Tagen eine Trennung des Oels vom Wasser ein.

Samenemulsion. *Versuch.* Eine zweite Art der Bereitung von Emulsion besteht darin, dass man ölreiche Samen, z. B. Mandeln oder Mohn, in einem Mörser zerquetscht und allmälig Wasser zusetzt (Samenemulsionen). In allen diesen Samen sind schleimige und eiweissartige Stoffe vorhanden, die sich in dem Wasser auflösen und eine feine Zertheilung des Oels bewirken.

Milch. Eine natürliche Emulsion haben wir in der Milch der Säugethiere. Die Kuhmilch ist trübe, weil in ihr die Butter in kleinen, dem blossen Auge unsichtbaren Kügelchen umherschwimmt; diese Fettkügelchen werden schwebend erhalten, weil zugleich ein dem Eiweiss ähnlicher Körper, der Käsestoff, in der Milch aufgelöst ist. Bei längerem Stehen wird der Käsestoff unlöslich (er gerinnt) und die leichtere Butter sammelt sich, als Rahm, auf der Oberfläche der Milch an.

695. Firnissöle und Schmieröle. *Versuch.* Man verreibe auf einer Kupfermünze einen Tropfen Leinöl, auf einer zweiten einen Tropfen Baumöl, und lege beide einige Tage lang an einen warmen Ort: das Leinöl wird zu einer harzähnlichen, festen Masse eintrocknen, das Baumöl dagegen schmierig bleiben. Alle Oele saugen an der Luft Sauerstoff ein und werden dadurch dicker und unangenehm schmeckend und riechend (ranzig); darin aber findet eine wesentliche Verschiedenheit Statt, dass manche Oele vollkommen hart und trocken werden, andere dagegen weich und klebrig bleiben. Hiernach zerfallen die Fette in zwei Klassen: in trocknende und nicht trocknende. Die ersteren kann man auch Firnissöle nennen, weil sie sich vorzüglich zum Anstrich eignen; die letzteren Schmieröle, weil sie

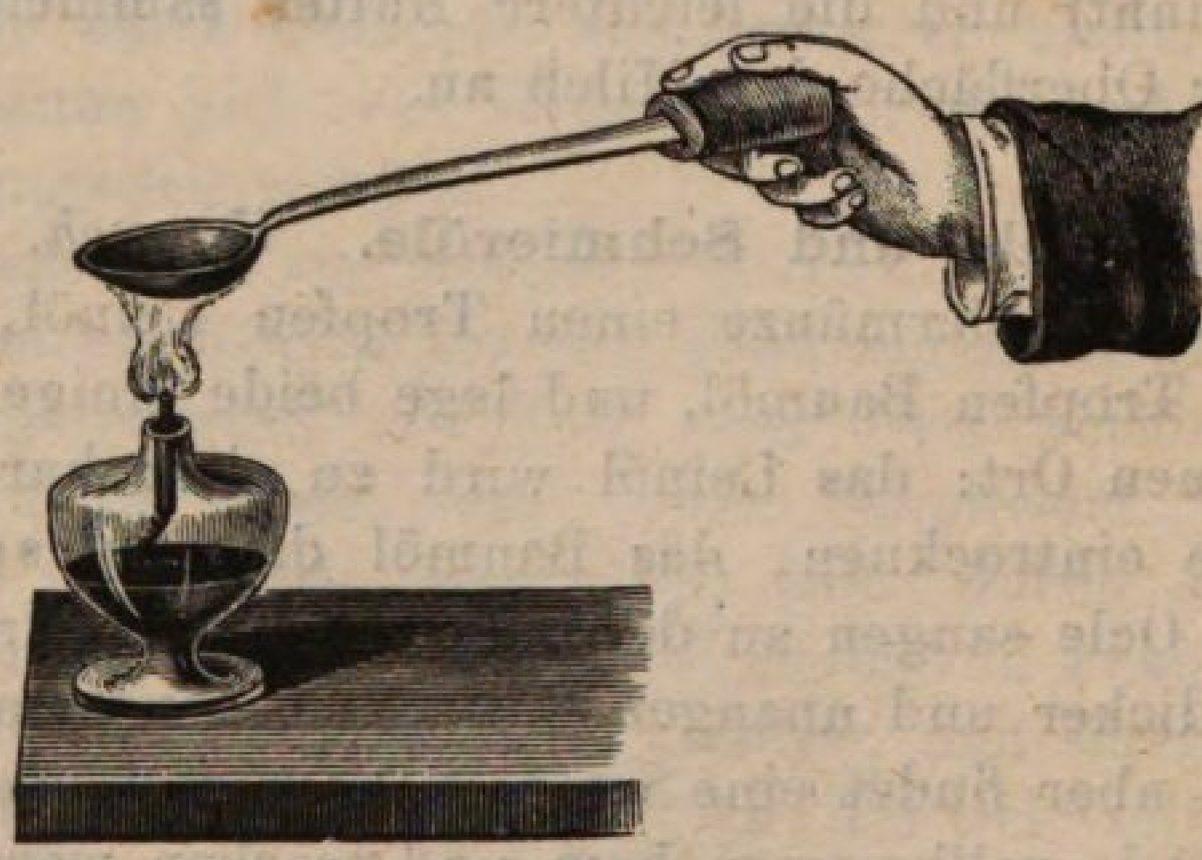
da, wo man die Reibung fester Körper an einander und die Erhitzung derselben durch Schmiermittel zu verhindern beabsichtigt, sich viel länger weich und schlüpfrig erhalten als die trocknenden Fette.

Selbstentzündung geölter Stoffe. Durch die beim Oxydiren der Oele stattfindende Einsaugung und Verdichtung von Sauerstoff muss, wie bei jeder Verdichtung eines luftförmigen Körpers zu einem flüssigen oder festen, Wärme frei werden. Diese kann unter Umständen, namentlich dann, wenn frisch geölte oder gefirnisste Zeuge, als Wolle, Leinwand etc. in grossen Massen fest zusammengepresst liegen, sich so steigern, dass eine Selbstentzündung eintritt; es ist daher der Vorsicht gemäss, derartige Stoffe, bevor sie vollständig trocken geworden sind, nicht zu dicht auf einander zu schichten.

Veränderung der Fette durch Hitze.

696. Fette in der Hitze. *Versuch.* Man erhitze etwas Leinöl über einer Weingeistlampe und untersuche die Temperatur desselben von Zeit zu Zeit mittelst eines Thermometers.

Fig. 194.



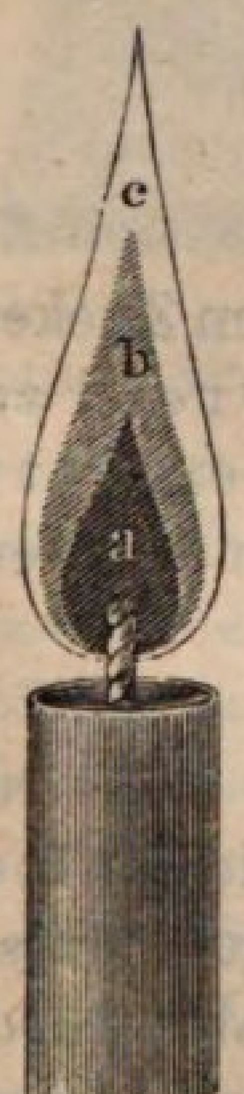
Zuerst steigt die Erwärmung rasch bis 100° C., und hält bei diesem Wärmegrade einige Zeit still, während das Oel gelinde siedet; dieses Verhalten erklärt sich daraus, dass in jedem rohen Oele wässerige Theile zugegen sind, die bei 100° C. verdampfen.

Sind diese entfernt, so erhöht sich die Temperatur wieder rasch, und zwar bis über 300° C., wo dann das Oel zum zweiten Male zu kochen beginnt, diesmal aber unter Ausstossung eines weissen Rauches von sehr unangenehmem Geruche. Dieser Dampf besteht aus zersetztem Oel, der Hauptsache nach aus Leuchtgas, und brennt angezündet mit lebhafter Flamme; die Fette sind also brennbar, aber nur bei einem Hitzgrade, der hoch genug ist, um sie chemisch zu zersetzen.

Oelgas. Im Grossen bereitet man sich häufig Leuchtgas aus Fetten, indem man sie auf ein glühendes eisernes Gefäss tröpfeln lässt, aus dem das erzeugte Gas durch ein Abzugsrohr in ein Sammelgefäss (Gasometer) geleitet wird (Oelgas).

697. Fette als Beleuchtungsmittel. Jede Lampe, jedes Licht ist ein Leuchtgasapparat im Kleinen. Hierbei erfolgt aber die Verbrennung nur unter Beihülfe eines leicht brennbaren Körpers, des Dochtes. Wird ein frisches Licht angesteckt, so entzündet sich zuerst die Baumwolle des Dochtes, und die dadurch entstandene Wärme reicht hin, den zunächst am Dochte befindlichen Talg zu schmelzen; der geschmolzene Talg steigt nun durch Capillarität (115) in den durch die neben einander liegenden Baumwollenfasern gebildeten Canälen in die Höhe, und erfährt in diesen, oben in der Flamme, eine bis über 300° C. gehende Erhitzung, derzufolge er in Leuchtgas zerlegt wird. Rüb- und Rapsöl, Dotteröl, Baumöl, Talg, Wachs und Stearinsäure werden am häufigsten als Beleuchtungsmaterialien angewendet. Paraffin, Photogen, Solaröl und Petroleum, welche zu gleichem Zwecke dienen, gehören zu den Kohlenwasserstoffen.

Fig. 195.



698. Auslöschen brennender Fette. *Versuch.* Auf das in dem Löffel brennende Oel lasse man von einem in Wasser getauchten Holzspane einen Tropfen Wasser herabfallen: das Oel wird unter lebhaftem Grollen umhergespritzt, weil das schwerere Wasser in dasselbe einsinkt und sich plötzlich in Dampf verwandelt, welcher das Oel heraustreibt. Brennende Fette, als Firniss, Speck etc., dürfen daher nie mit Wasser gelöscht wer-

den; das Auslöschen erfolgt hingegen leicht und gefahrlos, wenn man das Gefäss mit einem Brettchen oder Blechstücke bedeckt und damit die zum Fortbrennen unentbehrliche Luft abschliesst.

699. Brenzliche Fette. Wie bei dem Holze (132), so verbrennt auch bei den Fetten der Wasserstoff rascher als der Kohlenstoff, und daher kommt es, dass das nach dem Verlöschen zurückbleibende, halbverbrannte Oel kohlenstoffreicher ist und eine dunklere Farbe besitzt. Ein brenzliches Oel dieser Art kommt in den Apotheken unter dem Namen Ziegelöl oder Philosophenöl vor. Bei noch weiterer Erhitzung wird das Leinöl immer schwärzer und zugleich dicker, so dass es endlich die Consistenz eines zähen Breies erlangt; in dieser Gestalt bildet es den künstlichen Vogelleim, mit Russ vermengt aber die wichtige Druckerschwärze.

Nähere Bestandtheile der Fette.

Wir haben die Fette nicht, wie die Holzfaser oder den Zucker, als gleichartige Körper anzusehen, sondern, wie Chevreul zuerst gezeigt, als Gemenge von mehren einfacheren Fettarten, in welche sie sich, ohne chemisch zersetzt zu werden, trennen lassen.

700. Palmitin (Tripalmitin). *Versuch.* Stellt man zur Winterszeit ein Gefäss mit Baumöl oder Rüböl in die Kälte, so erstarrt ein Theil davon zu einer festen, talgartigen Masse, während der andere Theil flüssig bleibt; das Oel wird also durch die Kälte in zwei Fette, ein festes und ein flüssiges, geschieden. Das feste Fett hat den Namen Palmitin erhalten (sonst nannte man es Margarin), das flüssigbleibende den Namen Oleïn oder Elaïn. Durch wiederholtes Erkalten kann der grösste Theil des Palmitins aus dem Oel ausgeschieden und durch Pressen mit Fliesspapier noch weiter vom Oleïn, welches sich in das Papier zieht, befreit werden. Löst man es nun in kochendem Alkohol auf, so scheidet es sich beim Erkalten bis 0° in weissen, perlmutterglänzenden Blättchen ab, während das Oleïn gelöst bleibt.

Das Palmitin ist in Wasser unlöslich, in Aether leicht löslich, es hat einen wechselnden Schmelzpunkt (46⁰ und 62⁰ C.) und erstarrt beim Erkalten zu einer amorphen Masse. Es macht den festen Hauptbestandtheil des Palmöls, Cocosöls, wie der weichen und flüssigen Fette aus, doch enthalten auch die festeren Fette kleinere Mengen davon.

701. Stearin (Tristearin). *Versuch.* Man lege um ein Opodeldocgläschen einen Draht, so dass er ein Paar Handhaben bildet, mittelst deren das Gläschen in ein Töpfchen gehangen werden kann, welches man halb mit Wasser füllt und auf einem Dreifusse erhitzt. In das Gläschen kommen 5 Grm. Talg und so viel absoluter Weingeist, dass es bis zu $^3/_4$ voll wird. Kocht der Inhalt des Gläschens, so entfernt man die Lampe, lässt das Gläschen noch so lange in dem Wasserbade, bis der geschmolzene Talg sich wieder zu Boden gesetzt hat, und giesst dann den obenauf schwimmenden heissen Weingeist in ein Becherglas. Dieses Auskochen wird noch drei- bis viermal mit frischem Weingeist wiederholt. Den gesammten Weingeist lässt man bedeckt einige Stunden in kaltem Wasser stehen und filtrirt später das Flüssige von dem ausgeschiedenen grieslichen Pulver ab, welches noch einige Male mit kaltem Weingeist ausgewaschen und an einem luftigen Orte getrocknet wird. Diese weisse Masse ist das Stearin des Rindstalges. Durch Umkrystallisiren mit warmem Aether oder kochendem Alkohol erhält man das Stearin in glänzenden, schuppigen, dem Palmitin ähnlichen Blättchen, die bei 60⁰ C. (unter Umständen schon bei 53⁰) schmelzen und beim Erkalten zu einer amorphen Masse erstarren. Es macht den Hauptbestandtheil der Talgarten aus, kleinere Mengen davon finden sich aber in fast allen Fetten.

Fig. 196.



Kühlt man den vom Stearin abfiltrirten Alkohol bis auf 0⁰ ab, so scheidet sich noch etwas festes Fett, hauptsächlich aus Palmitin bestehend, aus. Ueberlässt man ihn dann an einem warmen Orte der Verdunstung, so hinterlässt er den dritten

näheren Bestandtheil des Talges, das Oleïn, in der Form eines dicklichen Oeles.

702. Oleïn oder Elaïn (Trioleïn). Dieses macht den vorwaltenden Bestandtheil der flüssigen Fette oder fetten Oele aus. In reinem Zustande stellt dasselbe ein farbloses Oel dar, das erst bei — 5⁰ C. zu erstarren anfängt. In Wasser ist es unlöslich, in kaltem Alkohol schwer-, in heissem Alkohol und Aether leicht löslich. Das Elaïn des Handels hat eine bräunliche Farbe. An der Luft nimmt es einen widrigen (ranzigen) Geruch und eine saure Beschaffenheit an und verdickt sich allmälig zu einer klebrigen Masse (Schmieröle). Mit salpetriger Säure behandelt, geht es in eine isomere feste Fettart, Elaïdin genannt, über. Anders verhält sich der flüssige Bestandtheil gewisser Oele, namentlich des Leinöls und Mohnöls; dieses Oleïn geht nicht in Elaïdin über und verändert sich an der Luft sehr schnell in der Weise, dass es unter Einsaugung von Sauerstoff zu einer festen, glänzenden amorphen Masse eintrocknet (Firnissöle). Man nennt dasselbe zum Unterschied von ersterem Olin, Olanin oder Leinoleïn.

Die genannten Hauptbestandtheile der Fette sind ohne Farbe, wie ohne Geruch und Geschmack; Gleiches gilt also auch für die aus ihnen gebildeten reinen Fette. In natürlichem Zustande enthalten aber die Fette und fetten Oele noch fremde Beimischungen, welche ihnen meist eine gelbliche Farbe wie einen charakteristischen Geschmack und Geruch ertheilen, sowie besondere Fette, z. B. Butyrin, Caprin, Capron u. a.

Die entfernteren Bestandtheile der Fette kommen weiter unten, nach der Seifenbildung, bei welcher eine Trennung derselben stattfindet, zur Betrachtung.

Bekanntere Pflanzenfette.

703. Firnissöle oder eintrocknende Oele: Leinöl. Der bekannte Leinsamen giebt beim Pressen $1/_5$ eines gelben Oels, welches durch längeres Ausstellen an das Sonnenlicht allmälig gebleicht werden kann. Es wird am häufigsten zu Oelfirniss benutzt.

Versuch. Zu 30 Grm. Leinöl schütte man 1 Grm. Bleiglätte und $1\frac{1}{2}$ Grm. Bleiessig, und lasse das Gemenge unter öfterem Umschütteln einige Tage an einem warmen Orte stehen. Die durch Absetzen geklärte Flüssigkeit trocknet jetzt ungleich schneller, als vorher, sie ist der bekannte Leinölfirniss, den man, mit Farben verrieben, allgemein zum Anstreichen von Holz, Metall etc. anwendet. Das sogenannte Wachstuch ist mit Firnissfarbe angestrichener Kattun, der Wachstaffet gefirnisstes Seidenzeug. Im grossen wird dieser Firniss gewöhnlich so bereitet, dass man 100 Pfund Leinöl mit 1 Pfund Bleiglätte erwärmt und 1 Stunde lang bei einer Temperatur von 100 Graden erhält. Stärkere Hitze macht den Firniss dunkler und dicker, kann auch leicht zum Uebersteigen und somit zu Feuersgefahr Veranlassung geben. Was nach beiden Methoden als schlammiger, weisslicher Bodensatz zurückbleibt, ist eine Verbindung von schleimigen und eiweissartigen Stoffen mit Bleioxyd. Alle Oele enthalten im ungereinigten Zustande schleimige (gummi- und eiweissartige) Theile, die das Trocknen verzögern; durch Bleioxyd werden diese unlöslich gemacht. Der Firniss ist hiernach schleimfreies Leinöl.

Wird Leinölfirniss mit Kreide zusammengeknetet, so erhält man einen plastischen Teig, den vielgebrauchten Glaserkitt.

Hanföl, aus Hanfsamen, gelblichgrün, wird ebenfalls zur Bereitung von Firniss, ausserdem auch zum Brennen und zur Darstellung der grünen Seife benutzt.

Mohnöl, aus Mohnsamen, dient als Speiseöl und zur Anfertigung eines sehr hellen Firnisses.

Ricinusöl, aus den Samen der Ricinusstaude, ist ein purgirendes Arzneimittel.

Oel aus Kürbiskernen, Wallnüssen, Leindottersamen etc.

704. Schmieröle oder klebrig bleibende Oele, Fett- und Talgarten: Brennöl wird hauptsächlich aus den Samen der Rübsen- und Rapspflanze ausgepresst. Soll es, ohne Kohle an dem Dochte abzusetzen, brennen, so muss es raffinirt, d. h. von den mitausgepressten Eiweiss- und Schleimtheilen befreit werden. Dies geschieht hier nicht durch Bleioxyd, sondern durch Schwefelsäure.

Raffiniren des Brennöls. *Versuch.* 30 Grm. rohes Brennöl werden mit 8 Tropfen englischer Schwefelsäure

versetzt und öfters geschüttelt; nach $1/_2$ Stunde mischt man 30 Grm. Wasser hinzu, schüttelt das Gemenge abermals einige Zeit tüchtig durch, und stellt es dann einige Tage bei Seite: das nach dieser Zeit obenauf schwimmende Oel ist schleimfrei (raffinirt). Die schleimigen Theile findet man, durch die Schwefelsäure verkohlt und unlöslich gemacht, in dem am Boden des Gläschens abgelagerten Wasser. Durch mehrmaliges Waschen mit Wasser entzieht man dem Oele die ihm noch anhängende Schwefelsäure. Die Schwefelsäure verkohlt bekanntlich fast alle organischen Körper (213), manche leichter, andere schwerer, den Schleim leichter, das Oel schwerer; setzt man daher nur so viel Schwefelsäure zum Oele, als zur Verkohlung des Schleims erforderlich ist, so wird nur dieser zerstört und das Oel bleibt unzersetzt. Bei einer grösseren Quantität Schwefelsäure würde auch das Oel angegriffen werden.

Oelkuchen. Die von den Raps-, Lein-, Mohn- und anderen Samen nach dem Abpressen des Oels übrig bleibenden, sehr stickstoffreichen Samenkuchen, in denen noch 6 bis 8 Proc. Oel zurückgehalten werden, stellen ein vortreffliches Viehfutter oder auch Düngemittel dar.

Baumöl (Olivenöl) wird aus dem Fleische der Oliven, der Früchte des Oelbaums, ausgepresst. Das feinste, kalt ausgepresste Provenceröl ist hellgelb, das heiss gepresste, gewöhnliche Baumöl grünlich; diese beiden Sorten werden bekanntermaassen allgemein zur Bereitung von Speisen und zum Einschmieren von Maschinen angewendet. Aus einer dritten, geringeren und dunkleren Sorte bereitet man in Frankreich und Italien die sogenannte Venetianische oder Marseiller Seife. Auch das Sesamöl dient jetzt als Speiseöl.

Andere Schmieröle: Mandelöl erhält man durch Auspressen der süssen Mandeln. Auch die bitteren Mandeln geben bei kalter Pressung ein gutes Mandelöl, durch heisses Pressen dagegen kann dasselbe blausäurehaltig werden.

Oel aus Haselnüssen, Bucheckern, Pflaumen-, Kirsch- und Aepfelkernen etc.

Cocosöl, aus den Kernen der Cocosnüsse, ist bei gewöhnlicher Temperatur weich wie Schweinefett, und auch von weisser Farbe, aber von anderem, nicht angenehmem Geruche.

Palmöl, ein gelbes, butterähnliches Fett, kommt ebenfalls von den Früchten einer Palmenart. Durch Erhitzen bis 130° C. wird der gelbe Farbstoff desselben zerstört (Bleichen durch Hitze).

Cocosöl und Palmöl werden jetzt in ausserordentlichen Mengen zu Seife verarbeitet. Auch der chinesische Pflanzentalg ist jetzt Handelswaare.

In der Pharmacie finden von Pflanzenfetten noch Anwendung:

Cacaobutter, das talgartige, weisse oder gelbliche Fett der Cacaobohnen, die Ursache der Fettaugen auf der gekochten Chocolade;

Muskatbutter, das gelbe, butterähnliche, angenehm riechende Fett der Muskatnüsse;

Lorbeeröl (Loröl), das schön grüne, schmalzartige Fett der Früchte des Lorbeerbaums.

Bekanntere Thierfette.

705. Rindstalg. Die bekannten Zuchtthiere, Kühe, Ziegen und Schafe, liefern uns mancherlei Arten von Fett: ein härteres, weisses (Talg oder Inselt), das sich in und über dem Fleische derselben absondert; ein weicheres, gewöhnlich gelb gefärbtes, welches sich aus ihrer Milch ausscheidet (Butter); ausserdem noch das Markfett und Klauenfett.

Hirschtalg ist weiss und hart, wie Ziegen- und Schöpstalg.

Schweineschmalz, Gänseschmalz etc. sind bekannt genug. In früheren Zeiten, wo man glaubte, dass jedes einzelne Thierfett besondere Kräfte in sich berge, wurden in den Apotheken zahllose Arten von dergleichen Fetten vorräthig gehalten; jetzt vertritt das ehrliche Schweinefett die Stelle aller anderen. Butter s. unter den Thierstoffen (823).

Fischthran wird aus dem Speck von Wallfischen, Delphinen, Seehunden und anderen Fischen ausgebraten. Der in gelinder Wärme ausgeschmolzene Thran hat eine gelbe Farbe, und nur einen schwachen, eben nicht unangenehmen Geruch, der durch starke Hitze oder aus bereits faulig gewordenen Fischen gewonnene dagegen ist dunkelbraun und sehr übelriechend. Als der

beste gilt der aus der Leber des Dorschfisches freiwillig ausgelaufene. Der Fischthran ist das beliebteste Einschmiermittel für Leder; ausserdem wird er auch als Arzneimittel und zur Bereitung der schwarzen Schmierseife gebraucht. Er enthält meist ganz kleine Mengen von Jod.

Wallrath und Wachs.

706. Wallrath (*Spermaceti*) ist weiss, glänzend, blättrig-krystallinisch und so hart, dass er zu Pulver zerrieben werden kann, er findet sich, in besonderen Höhlungen eingeschlossen, in dem Kopfe des Pottfisches. Der Hauptbestandtheil desselben ist eine dem Palmitin ähnlich zusammengesetzte Substanz (Cetin), doch ist in dieser die Palmitinsäure nicht mit Glyceryloxyd, sondern mit Cetyloxyd verbunden, welches letztere sich gleichfalls wie eine Basis oder Aetherart, und mit Wasser verbunden wie ein Oxydhydrat oder eine Alkoholart (Aethal) verhält. Er dient zur Anfertigung von Kerzen und mit Oel verrieben zur Bereitung von Salben, Handpasten u. a.

707. Wachs (*Cera*) findet sich in geringer Menge in allen Pflanzen, insbesondere in den glänzenden Ueberzügen der Blätter, Stengel und Früchte, z. B. in den Aepfelschalen, namentlich auch in dem Blüthenstaube. Einige Pflanzen Japans und Südamerikas enthalten so viel davon, dass man es durch Auskochen mit Wasser und Pressen daraus abscheidet und unter dem Namen vegetabilisches oder japanisches Wachs in den Handel bringt. Die Lieferanten unseres gewöhnlichen Wachses dagegen sind die Bienen, die es aus den Pflanzen aufsaugen und zum Baue ihrer Zellen verwenden. Zum Theil mögen diese Insecten ihr Wachs wohl auch aus den zuckerigen Säften der Pflanzen, durch die sie sich ernähren, erzeugen, denn genaue Versuche haben gezeigt, dass die Bienen die Fähigkeit haben, den Zucker, mit dem man sie füttert, in Wachs verwandelt, aus ihren Bauchringen wieder auszuschwitzen. Das gelbe Wachs wird zu weissem, wenn man es fein geschabt an die Sonne stellt und öfters mit Wasser begiesst. Das gelbe Wachs schmilzt schon bei 62°, das weisse erst bei 70° C. Ausser zum Haltbarmachen des Zwirns und zur Be-

leuchtung wird das Wachs, in Kalilauge aufgelöst, als sogenannte Wachsseife zum Glänzen des bunten Papiers und zum Bohnen der Fussböden, mit Oelen vermischt aber zu Pflastern und Salben (Ceraten) angewendet. Mit heissem Wachs getränktes Papier ist ein gutes Material, um Gefässe damit zu überbinden, von denen man die Feuchtigkeit abhalten will. Soll das Wachs biegsamer und zäher werden, wie wir es in den Wachsstöcken und dem Baumwachs finden, so setzt man ihm etwas Terpentin zu. Das Bienenwachs giebt an kochenden Weingeist Cerotinsäure ab; das Unlösliche ist Myricin, eine Verbindung von Palmitinsäure mit Myricyloxyd (Myricyläther). Das vegetabilische Wachs enthält als wesentliche Bestandtheile Cerotinsäure, verbunden mit Ceryloxyd (Ceryläther). Künstlich lässt sich aus dem Wachs noch die Melissinsäure darstellen, welche das letzte Glied der Reihe der fetten Säuren bildet (690). Cetyl-, Ceryl- und Myricylalkohol s. 688 und 689.

Bildung von Seifen und Pflastern aus Fetten.

708. Natronseife aus Talg. *Versuch.* Man bereite sich 1) aus 4 Grm. Aetznatron, wie es jetzt im Handel vorkommt, und 30 Grm. Wasser eine starke Natronlauge, und 2) aus 4 Grm. Aetznatron und 60 Grm. Wasser eine schwache Lauge. Die letztere kocht man mit 40 Grm. Rindstalg in einem Töpfchen, das von dem Gemenge nur halb angefüllt wird, $\frac{1}{2}$ Stunde gelind und setzt dann nach und nach unter fortdauerndem Kochen die starke Lauge zu. Oel und Lauge vereinigen sich allmälig zu einer gleichförmigen Masse (Seifenleim), die mit der Zeit dick und schaumig wird. Giebt ein Tropfen davon, zwischen den Fingern gedrückt, feste, weisse Blätter, so setzt man $\frac{1}{2}$ Loth Kochsalz hinzu, kocht noch einige

Fig. 197.



Minuten, und lässt dann das Ganze ruhig erkalten. Man erhält eine feste Masse (Seife) und eine wässerige Flüssigkeit, in der das Kochsalz und noch etwas unverbundenes Natron aufgelöst bleiben (Unterlauge). Giebt die erhaltene Seife, mit Wasser gekocht, eine trübe Lösung, so enthält sie noch unverseiften Talg; in diesem Falle übergiesst man sie noch einmal mit etwas schwacher Lauge und unterhält das Sieden so lange, bis eine Probe davon sich in Regenwasser klar löst; dann setzt man wieder Kochsalz zu und lässt erkalten. Die auf diese Weise dargestellte Seife hat dieselbe Zusammensetzung wie die gewöhnliche Hausseife. In neuerer Zeit ersetzt man jedoch häufig den Talg ganz oder theilweise durch Palmöl oder Cocosöl; durch Palmöl, weil dieses billiger ist als Talg; durch Cocosöl, weil dieses Fett der Seife die Eigenschaft ertheilt, sehr stark zu schäumen.

Natronseife aus Oel. *Versuch.* Man wiederhole den vorigen Versuch, nur mit der Abänderung, dass man statt des Talges Baumöl anwendet: man wird ebenfalls eine harte Seife gewinnen (Oel- oder Marseiller Seife). Durch Natron werden aus Fetten harte Seifen gebildet.

709. Kaliseife. *Versuch.* Man bereite noch einmal Oelseife, nehme aber dazu statt der Natronlaugen Kalilaugen, die man sich aus Aetzkali und Wasser, wie oben angegeben, darstellt, und unterlasse den Zusatz von Kochsalz: der Seifenleim geht hierbei durch Einsieden nicht in eine harte Seife über, sondern giebt nach hinlänglicher Verdampfung des Wassers eine weiche Masse (Schmierseife oder Kaliseife). In den Kattunfabriken wendet man diese Art von Seife häufig zum Reinigen von gefärbten Zeugen an. Nimmt man statt Baumöl Fischthran, Hanföl oder Leinöl, so erhält man Schmierseife von dunkler Farbe, die man gewöhnlich durch Indig und Curcuma grün färbt (grüne und schwarze Seife). Durch Kali werden aus Fetten weiche Seifen gebildet.

Ammoniakseife. Das Ammoniak wirkt ungleich schwächer auf die Fette ein, als das Kali und Natron. Schüttelt man fette Oele mit Salmiakgeist zusammen, so erhält man milchähnliche, dickflüssige Mischungen, Linimente, die oft als Einreibungsmittel angewendet werden.

710. Process der Seifenbildung. Die Fette bestehen, wie in 700 gezeigt worden, aus einem Gemenge von mehren einfachen, theils festen, theils flüssigen Fettarten, von denen das Stearin das verbreitetste feste, das Oleïn das bekannteste flüssige ist. Diese näheren Bestandtheile der natürlichen Fette können als salzähnliche Körper angesehen werden. Jedes einfache Fett enthält eine besondere eigenthümliche Säure: das Stearin Stearinsäure, das Oleïn Oleïnsäure, das Palmitin Palmitinsäure etc.; fast alle aber enthalten eine und dieselbe basische Atomgruppe, welcher man den Namen Glycerin, Glyceryloxyd oder Lipyloxyd gegeben hat.

Stearin	ist sonach:	stearinsaures Glycerin.
Palmitin	„ „	palmitinsaures „
Margarin	„ „	palmitin- und stearinsaures Glycerin.
Oleïn	„ „	oleïnsaures Glycerin.
Talg	„ „	ein Gemenge von viel stearinsaurem mit wenig oleïnsaurem Glycerin.

Zur Bezeichnung der verschiedenen in den Fetten enthaltenen Säuren überhaupt wird in dem Folgenden immer der allgemeine Name „Fettsäuren" gebraucht werden; Fette im Allgemeinen sind demzufolge als Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin oder Glyceryloxyd, oder gleichsam als fettsaure Glyceryloxydsalze anzusehen (Glyceride).

Vorgang bei der Seifenbildung. Der Process der Seifenbildung trägt nach dem Mitgetheilten den Charakter einer einfachen Wahlverwandtschaft: die stärkeren Basen, Natron und Kali, verdrängen das schwächere Glyceryloxyd und verbinden sich mit den Fettsäuren zu fettsaurem Natron (Natronseife), oder zu fettsaurem Kali (Kaliseife).

Aus Kali u. fettsaurem Glycerin	Aus Natron u. fettsaurem Glycerin
wird fetts. Kali u. freies Glycerin (Kaliseife).	wird fetts. Natron u. fr. Glycerin (Natronseife).

Das ausgeschiedene, in Wasser lösliche Glycerin geht in den beiden ersten Fällen in die Unterlauge; bei der Schmierseife aber, wo sich das überschüssige Wasser nicht flüssig von der Seife absondert, sondern durch Verdampfung entfernt wird, bleibt

es mechanisch gemengt in der Seife zurück. Noch grössere Aehnlichkeit, als mit den Sauerstoffsalzen, haben die Fette mit denjenigen salzähnlichen Verbindungen, welche unter der Bezeichnung „zusammengesetzte Aetherarten" in Nro. 660 betrachtet worden sind, da das Glycerin als eine Alkoholart (Glycerylalkohol) angesehen werden kann. Weiteres hierüber in Nro. 722.

711. Wirkung des Kochsalzes. a) auf Natronseife. Wie das Kochsalz wirkt, kann man sehen, wenn man harte Seife in Salzwasser aufzulösen versucht: es erfolgt keine Auflösung, selbst nicht beim Kochen, denn die Seife ist unlöslich in Salzwasser, ebenso auch in starker Lauge; man kann deshalb die Seife aus einer Auflösung in Wasser durch Zusatz von Kochsalz niederschlagen. Diese Scheidungsmethode wird im Grossen allgemein angewendet, weil sie eine reinere Seife liefert, als wenn man das Wasser durch Verdampfen entfernen wollte; denn in letzterem Falle bleiben Glyceryloxydhydrat, überschüssige Lauge und etwaige Verunreinigungen der Laugen oder Fette bei der Seife, während sie bei der ersteren Methode in der sich unten abscheidenden Flüssigkeit (Unterlauge) aufgelöst oder aufgeschwemmt bleiben.

b) auf Kaliseife. *Versuch.* Man löse etwas von der bei 709 erhaltenen Schmierseife in kochendem Wasser auf und streue Salz hinzu: die Seife wird ausgeschieden und sammelt sich auf der Oberfläche des Wassers an; sie wird aber nach dem Erkalten nicht mehr weich sein, sondern hart. Das Kochsalz wirkt hier noch auf eine zweite Weise; es veranlasst eine Austauschung der Bestandtheile, nämlich:

aus fettsaurem Kali (Kaliseife) und Chlornatrium
wird Chlorkalium und fettsaures Natron (Natronseife).

Wie hier im Kleinen, so verfuhren die Seifensieder früher, ehe die Soda billig zu haben war, im Grossen; sie bereiteten sich aus Holzasche und Kalk (Aescher) Aetzkalilauge, verkochten diese mit Fetten, und wandelten zuletzt die erzeugte weiche Kaliseife durch Kochsalz in harte Natronseife um.

Eigenschaften der Seifen.

712. Waschen mit Seife. Die Seifen haben zwei wichtige Eigenschaften: 1) sie lösen Fette und Oele auf, 2) sie zerfallen sehr leicht, schon durch blosse Vermischung mit vielem Wasser, in ein saures Salz und in freies Alkali; das letztere löst bekanntlich die meisten organischen Stoffe auf, das erstere aber bewirkt durch seine Schlüpfrigkeit ein leichtes Wegspülen der gelösten Stoffe von anderen Körpern. Auf diesen beiden Eigenschaften beruht die Anwendung der Seife zum Waschen. Das ausgeschiedene saure fettsaure Alkali mildert zugleich die Einwirkung des freien Alkalis und hält die Gegenstände, welche mit Seife gewaschen werden, geschmeidig, während sie spröde werden würden, wenn wir sie mit ätzenden Alkalien allein reinigen wollten. Die Fettsäuren sind hiernach als Einhüllungsmittel und Träger der Alkalien, wie zugleich als Schutzmittel gegen den Uebergang derselben in den kohlensauren Zustand anzusehen und können, im Hinblick auf ihr Verhalten gegen die Alkalien, gewissermaassen einem Schwamme verglichen werden, der grössere Mengen von Wasser aufnimmt, sie aber nur nach und nach wieder abgiebt. Wollene Sachen, die nicht einlaufen sollen, wäscht man, statt mit Seife, mit einer dünnen Auflösung von Soda.

713. Talgseife und Weingeist. *Versuch.* 4 Grm. geschabte Talgseife werden mit 30 Grm. Weingeist übergossen; beim Erwärmen im Wasserbade löst sich die Seife vollständig auf, die Auflösung gerinnt aber beim Erkalten zu einer durchscheinenden Gallerte. Eine mit Kamphor und Salmiakgeist versetzte Seifengallerte heisst Opodeldoc. Die aus diesem sich abscheidenden weissen Sternchen bestehen aus krystallisirtem stearinsauren Natron. Aehnlich der Talgseife verhalten sich alle aus festen (stearinreichen) Fetten bereiteten Seifen.

Oelseife und Weingeist. *Versuch.* Man löse 4 Grm. venetianische Seife in 15 Grm. Weingeist; diese Lösung gerinnt nicht beim Erkalten; sie bildet den bekannten Seifenspiritus. Durch Verdampfen erhält man daraus eine durch-

42*

sichtige Seife (Transparentseife). Aehnlich der venetianischen Seife verhalten sich alle aus flüssigen (oleïnreichen) Fetten bereiteten Seifen.

714. Unlösliche Seifen. (Pflaster.) *Versuch.* Giesst man zu einer wässerigen Seifenlösung Kalkwasser, so entsteht ein Niederschlag von unlöslicher Kalkseife; hieraus erklärt sich, warum das meistens kalkhaltige Brunnenwasser (hartes Wasser) mit Seife keine Auflösung und keinen Schaum giebt, und sonach nicht zum Waschen gebraucht werden kann. Auch die übrigen Erden geben mit Seifenlösung unlösliche Kalkseifen.

Bleiseife oder Bleipflaster. *Versuch.* Zu einer Auflösung von venetianischer Seife in heissem Wasser tröpfle man so lange Bleiessig (438), als ein Niederschlag entsteht: man erhält durch doppelte Wahlverwandtschaft aus essigsaurem Bleioxyd und fettsaurem Natron essigsaures Natron, welches gelöst bleibt, und fettsaures Bleioxyd, welches sich als eine weisse, klebrige Masse ausscheidet und mit nassen Händen geknetet (malaxirt) und zu Stangen ausgerollt werden kann (Bleiseife oder Bleipflaster). Auch die anderen Metalloxyde geben mit den Fettsäuren unlösliche Seifen, von denen einige als Kitte für Wasserleitungen und dergleichen Anwendung finden.

In den pharmaceutischen Officinen bereitet man das unter dem Namen weisser Theakel allgemein bekannte Bleipflaster auf eine andere Weise, nämlich durch Kochen von Bleiglätte mit Baumöl und etwas Wasser. Hierbei lässt sich als Nebenproduct das Glycerin leicht und in grösserer Menge gewinnen; man braucht nur das fertige Pflaster mit heissem Wasser auszuwaschen und das Wasser zu verdampfen, nachdem man das mitaufgelöste Bleioxyd vorher durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen hat. Wird statt Bleiglätte Bleiweiss (kohlensaures Bleioxyd) mit Oel und Wasser gekocht, so erhält man gleichfalls fettsaures Bleioxyd, indem die Kohlensäure durch die Fettsäuren ausgetrieben wird. Auf diese Weise bereitet man sich das Bleiweisspflaster, welches gewöhnlich eine weissere Farbe hat als das vorige, weil es noch etwas mechanisch eingemengtes Bleiweiss enthält. Kocht man Bleiglätte oder Mennige ohne Wasser, bis das Oel brenzlich und braun geworden, so erhält man das sogenannte Mutterpflaster.

Entferntere Bestandtheile der Fette.

Fettsäuren.

715. Abscheidung der Fettsäuren. *Versuch.* Von der harten Natronseife löse man etwas in heissem Wasser auf und tröpfle so lange Essig oder eine andere Säure hinzu, als eine Trübung entsteht; diese Säuren sind stärker als die Fettsäuren, sie entziehen denselben daher die Basis, und die Fettsäuren werden ausgeschieden. Da die letzteren leichter als Wasser und zugleich in Wasser unlöslich sind, so sammeln sie sich oben auf dem Wasser an. Die hier erhaltene Fettsäure gleicht zwar äusserlich dem Talg, dass sie aber nicht Talg ist, ergiebt sich daraus, dass sie auch nach langem Auswaschen noch sauer reagirt (Talg nicht) und sich leicht in heissem Weingeist auflöst (Talg nur sehr schwer). $^3/_4$ davon bestehen aus Stearinsäure, $^1/_4$ aus Oleïnsäure. Presst man sie zwischen Löschpapier in einer starken Presse, so zieht sich die letztere ins Papier und die Stearinsäure bleibt zurück. Wird zu einer Auflösung von Palmölseife eine Säure gemischt, so erhält man ein Gemenge von Fettsäuren, in welchem die Palmitinsäure vorherrscht. Behandelt man die Lösung einer Oelseife auf gleiche Weise, so scheidet sich eine ölartige Flüssigkeit aus, die der Hauptsache nach aus Oleïnsäure oder Oelsäure besteht.

716. Stearinsäure, $HO, C_{36}H_{35}O_3$ oder $Ꮎ_{18}H_{36}Θ_2$. Diese Säure macht, im Gemenge mit Palmitinsäure, den hauptsächlichsten Bestandtheil der festen Fettarten aus; sie ist härter und spröder als Wachs, blendend weiss, durchscheinend und schmilzt erst bei 69° C. Man hat jetzt grosse Fabrikanlagen, die sich mit der Darstellung derselben beschäftigen und daraus die so beliebt gewordenen Stearinsäurelichter (Milly- oder Brillantkerzen) giessen. Gewöhnlich kocht man dabei das abgepresste Stearin des Rindstalges mit gelöschtem Kalk und Wasser, wodurch eine unlösliche Kalkseife (stearinsaurer Kalk) gebildet wird, während das Glycerin in Lösung bleibt. Die Kalkseife wird nachher durch Salzsäure zerlegt und das erzeugte lösliche Chlorcalcium von der

unlöslich abgeschiedenen Stearinsäure getrennt. Aehnlich wie Kalk wirken auch überhitzte Wasserdämpfe auf die Fette und führen zu einer Trennung der Fettsäuren von dem Glycerin.

Fig. 198.



Versuch. Man erwärme 30 bis 40 Grm. Alkohol im Wasserbade, bringe zu demselben, wenn er kocht, nach und nach so viel von einer Stearinsäurekerze, als er aufzulösen vermag, und giesse die Hälfte der erhaltenen Auflösung in kaltes Wasser; die andere lasse man ruhig erkalten: im ersteren Falle erhält man die Stearinsäure als eine lockere, seidenartig glänzende Masse, im letzteren in Gestalt zarter, krystallinischer Blättchen.

717. Palmitinsäure, $HO, C_{32}H_{31}O_3$ oder $\text{Є}_{16}H_{32}\Theta_2$. In reinem Zustande bildet dieselbe feine, weisse Nadeln, die bei 62° C. schmelzen und beim Erkalten eine der Stearinsäure ähnliche, schuppig krystallinische Masse liefern. Sie löst sich, wie diese, leicht in Aether und Alkohol auf, in Wasser sind beide unlöslich. Ihr Vorkommen ist schon beim Palmitin angegeben (700). Sie macht auch einen Bestandtheil des Wallrathes und Bienenwachses aus.

718. Oleïnsäure, Elaïnsäure oder Oelsäure, $HO, C_{36}H_{33}O_3$ oder $\text{Є}_{18}H_{34}\Theta_2$. Diese Säure unterscheidet sich von dem Baumöl dem Aeussern nach fast gar nicht, wohl aber dadurch, dass sie sauer schmeckt und reagirt (Baumöl nicht) und sich schon in kaltem Weingeist leicht auflöst (Baumöl nicht). An der Luft wird sie unter Sauerstoffaufnahme gelb, dick, schmierig und ranzig von Geruch und Geschmack; dabei erzeugt sich Pelargonsäure. Die aus dem Talg als Nebenproduct in den Stearinsäurefabriken gewonnene Oleïnsäure kommt jetzt häufig im Handel vor und wird ihrer Billigkeit wegen zur Seifenbereitung und zum Einfetten der Wolle in den Wollspinnereien angewendet. Die in den trocknenden Oelen vorkommende flüssige Säure hat den Namen Olinsäure erhalten; sie absorbirt, an der Luft ausgebreitet, mit grosser Begierde Sauerstoff nnd trocknet dabei zu einer glänzenden, harzähnlichen, biegsamen Masse (Firniss) ein.

Besondere Fettsäuren. Ausser den genannten, allgemein verbreiteten Fettsäuren giebt es noch viele andere. So sind z. B. in dem Butyrin der Butter allein folgende vier flüchtige Fettsäuren gebunden: Buttersäure, Capronsäure, Caprinsäure und Caprylsäure; so in dem Muskatbalsam die Myristinsäure, in dem Lorbeerfett die Laurinsäure, in dem Ricinusöl die Ricinusölsäure u. a. m.

Glycerin, Propenylalkohol oder Oelsüss.

$$C_6 H_8 O_6 \text{ oder } \left.\begin{matrix} Є_3 H_5 \\ H_3 \end{matrix}\right\} Θ_3.$$

719. *Versuch.* Man zersetze die nach 709 erhaltene weiche Seife durch eine Auflösung von Weinsäure und lasse die durch Filtriren geklärte wässerige Flüssigkeit an einem warmen Orte eintrocknen. Die übrigbleibende Salzmasse besteht aus saurem weinsauren Kali (Weinstein) und aus dem Glycerin der Fette. Wird diese Masse mit starkem Weingeist übergossen, so löst sich das letztere auf, während das weinsaure Kali ungelöst zurückbleibt. Das nach dem Verdunsten des Weingeistes übrigbleibende Glycerin hat das Ansehen eines farblosen Syrups. Bei der Bereitung von harter Seife geht es in die Unterlauge, bei der Bereitung von Stearinsäure in die Flüssigkeit, aus welcher sich der stearinsaure Kalk abgeschieden hat. Man gewinnt es hierbei als Nebenproduct. Ebenso wird es durch Behandlung der Fette mit überhitzten Wasserdämpfen als eine wässerige Lösung gewonnen, auf welcher die abgeschiedenen Fettsäuren schwimmen. In gegentheiliger Weise kann man einfache Fette aus Glycerin und Fettsäuren künstlich erzeugen, wenn man sie in einem verschlossenen Gefässe längere Zeit einer Temperatur von circa 200^0 C. aussetzt. Auch bei der Bereitung von Bleipflaster ist das abgeschiedene Glycerin leicht zu sammeln (714).

Das Glycerin ist eine farblose, unkrystallisirbare, syrupartige, in Wasser und Weingeist leicht lösliche Flüssigkeit; es schmeckt angenehm süss wie Zucker und verhält sich gegen Säuren wie eine Basis, daher seine Bezeichnung als Glyceryloxyd und die

der Fette als Glyceride (710). Der Menge nach macht es ungefähr den 10ten bis 12ten Theil der Fette aus; in 100 Thln. Talg sind höchstens 8 Thle. davon enthalten.

Lässt man eine Glycerinlösung mit Hefe bei 25⁰ C. stehen, so geht das Glycerin in Propionsäure über (678), durch Gährung mit altem Käse und Kreide aber bei 40⁰ in Weingeist und Buttersäure. Mit Schwefelsäure giebt es, ähnlich wie Cellulose, eine gepaarte Säure, Glycerinschwefelsäure.

Das Glycerin findet eine vielverzweigte Anwendung: in der Pharmacie als äusserliches und innerliches Arzneimittel, in der Technik als Verbesserungsmittel saurer Weine, als Zusatz zu Seifen, um deren Geschmeidigkeit zu erhöhen, als Zusatz zur Weberschlichte, um deren Austrocknen zu verhindern, zur Conservirung thierischer Stoffe und mikroskopischer Objecte u. a. m.

720. Acroleïn, $C_6H_4O_2$ oder $Ȼ_3H_4\Theta$. *Versuch.* Man wische die Schale, worin sich das wenige Glyceryloxyd, das man erhalten hat, befindet, mit weissem Löschpapier aus und erhitze das letztere in einem Löffel; es wird sich beim Verbrennen daraus ein höchst stechender, die Augen zu Thränen reizender Dampf entwickeln, der vom Glycerin herrührt, welches in der Hitze durch Austritt von Wasser in einen flüchtigen, überaus scharfen Körper (Acroleïn oder Acrylaldehyd) zerlegt wird, der beim Abkühlen eine farblose, schon bei 52⁰ siedende Flüssigkeit darstellt. Hieraus erklärt sich der stechende Geruch, den man beim unvollständigen Verbrennen aller Fettarten bemerkt. Recht auffallend zeigt sich dieser Geruch auch da, wo gefirnisste Gegenstände trocknen, z. B. in den Trockenkammern der Wachstuchfabriken; es kann sich dieser flüchtige Stoff also auch schon bei niedrigerer Temperatur aus dem Glycerin bilden. Aus den reinen Fettsäuren entwickelt sich beim Erhitzen kein Acroleïngeruch. An der Luft verwandelt sich das flüssige Acroleïn durch Aufnahme von Sauerstoff in Acrylsäure, $C_6H_4O_4$ oder $Ȼ_3H_4\Theta_2$, und nimmt dabei den Geruch der Essigsäure an.

Wie Acetaldehyd und Essigsäure Derivate des Aethylalkohols, $\left.\begin{matrix}Ȼ_2H_5\\H\end{matrix}\right\}\Theta$, sind, so sind Acroleïn und Acrylsäure vom Allylalkohol, $\left.\begin{matrix}Ȼ_3H_5\\H\end{matrix}\right\}\Theta$, herzuleiten, einer farblosen, stechend riechenden Flüssigkeit, welche man aus Glycerin erhält, wenn man

dasselbe mit Oxalsäure bis über 200⁰ erhitzt und als deren Radical die Atomgruppe $\Theta_3 H_5$, **Allyl** genannt, anzusehen ist.

721. Nitroglycerin, Trinitrin oder Sprengöl, $\left.\begin{matrix}\Theta_3 H_5 \\ (N\Theta_2)_3\end{matrix}\right\}\Theta_3$.
Setzt man Glycerin tropfenweise zu einem Gemisch von ganz starker Salpetersäure und Schwefelsäure, so erfährt es eine ähnliche Veränderung wie die Baumwolle (567), es verbindet sich mit $N\Theta_2$ zu einem ölartigen, in Wasser unlöslichen Liquidum, welches durch Schlag oder einen euergischen Funken mit der grössten Heftigkeit explodirt und deshalb als Sprengmittel — am besten als Dynamit, d. h. mit poröser Kieselerde gemengt — angewendet wird. Seine Anwendung erfordert aber die höchste Vorsicht. Lässt man schwächere Salpetersäure auf Glycerin einwirken, so oxydirt sich letzteres zu Glycerinsäure, welche keine explosiven Eigenschaften besitzt.

722. Glycerin, eine Alkoholart. Sieht man das Glycerin als einen Alkohol an (710), so ist $C_6 H_5$ oder $\Theta_3 H_5^{III}$ das Radical desselben, Glyceryl, dieses Radical ist aber dreiwerthig, während das isomere Allyl einwerthig ist, es verbindet sich daher mit 3 Aeq. Θ, S, Cl etc. und das Glyceryloxyd erfordert zur Bildung neutraler Salze, analog dem $Fe_2 O_3$, 3 Aeq. Säure. Demnach würden sein:

$C_6 H_5 O_3$ = Glyceryläther, $C_6 H_5 Cl_3$ = Chlorglyceryläther,
$C_6 H_5 O_3 (HO)_3$ oder $C_6 H_8 O_6$ = Glycerylalkohol oder Glycerin,
$C_6 H_5 O_3 (NO_4)_3$ = Salpetersäure-Glyceryläther od. Nitroglycerin,
$C_6 H_5 O_3 (C_{36} H_{35} O_3)_3$ = Stearinsäure-Glyceryläther oder Stearin,
$C_6 H_5 O_3 (C_{32} H_{31} O_3)_3$ = Palmitinsäure-Glyceryläther od. Palmitin,
$C_6 H_5 O_3 (C_{36} H_{33} O_3)_3$ = Oleïnsäure-Glyceryläther oder Oleïn.

Die einfachen Fette tragen hiernach den Charakter von zusammengesetzten Aetherarten, analog den entsprechenden Aethyl-, Methyl-, Amyl- und Aethylenverbindungen.

Der Glycerylalkohol gleicht den Alkoholen der ebengenannten Alkoholradicale auch noch darin, dass er, wie diese, durch Abgabe von 2 Aeq. Wasserstoff und Aufnahme von 2 Aeq. Sauerstoff in eine Säure, Glycerinsäure, $C_6 H_6 O_8$ oder $\Theta_3 H_6 \Theta_4$, übergeht.

Zu weiterer Verdeutlichung dieser Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten mögen die folgenden Formeln dienen:

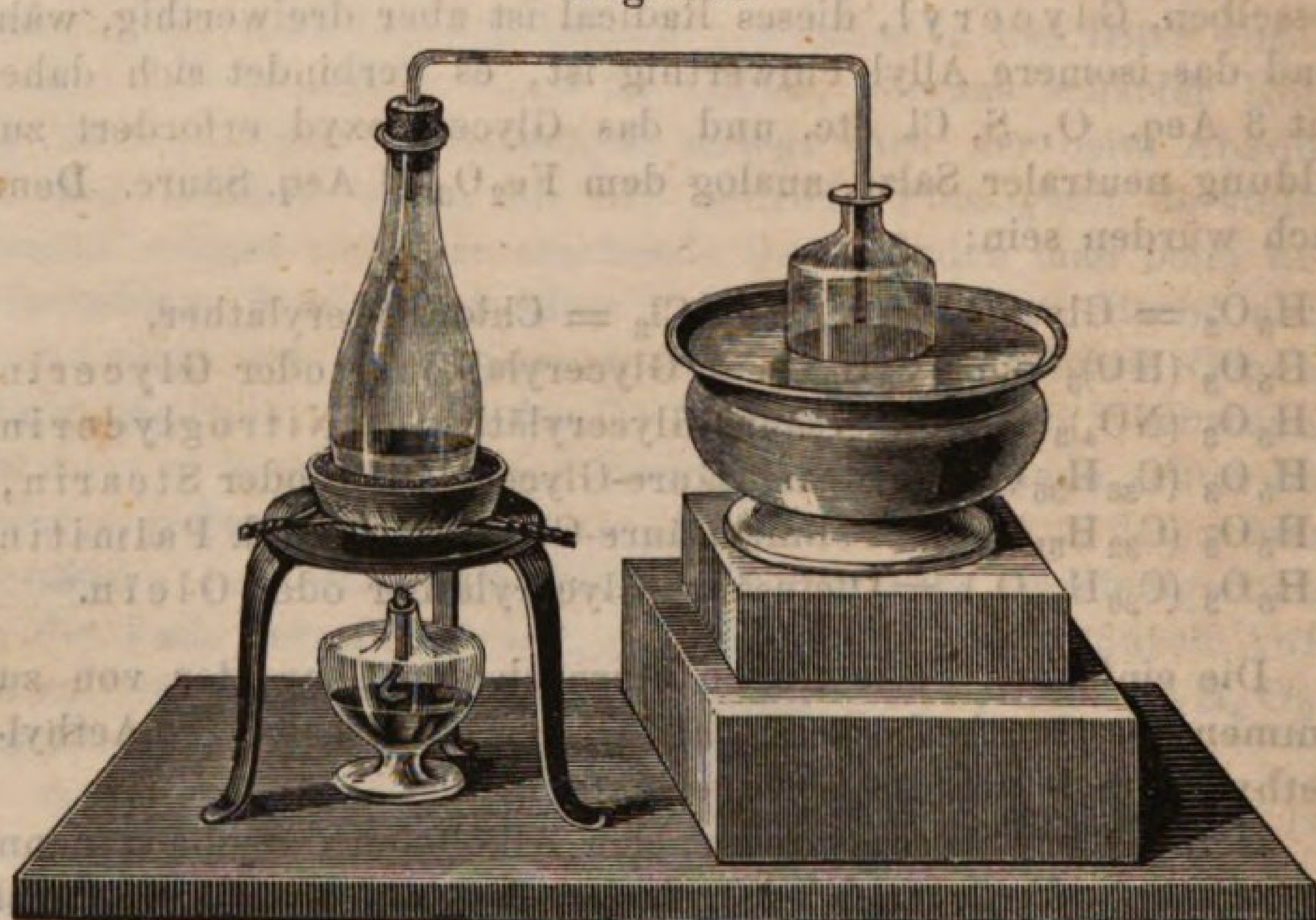
$\mathrm{C}H_3{}^{I}\left\{H\Theta\right.$	$\mathrm{C}_2H_5{}^{I}\left\{H\Theta\right.$	$\mathrm{C}_5H_{11}{}^{I}\left\{H\Theta\right.$	$\mathrm{C}_2H_4{}^{II}\left\{\begin{matrix}H\Theta\\ H\Theta\end{matrix}\right.$	$\mathrm{C}_3H_5{}^{III}\left\{\begin{matrix}H\Theta\\ H\Theta\\ H\Theta\end{matrix}\right.$
Methyl-alkohol	Aethyl-alkohol	Amyl-alkohol	Aethylen-alkohol	Glyceryl-alkohol

Der Atomgruppe $H\Theta$ oder ΘH hat man den Namen Hydroxyl beigelegt.

XVII. Flüchtige oder ätherische Oele.

723. Gewinnung von Terpentinöl. *Versuch.* 30 Grm. Terpentin werden in einem Töpfchen an einen warmen Ort

Fig. 199.

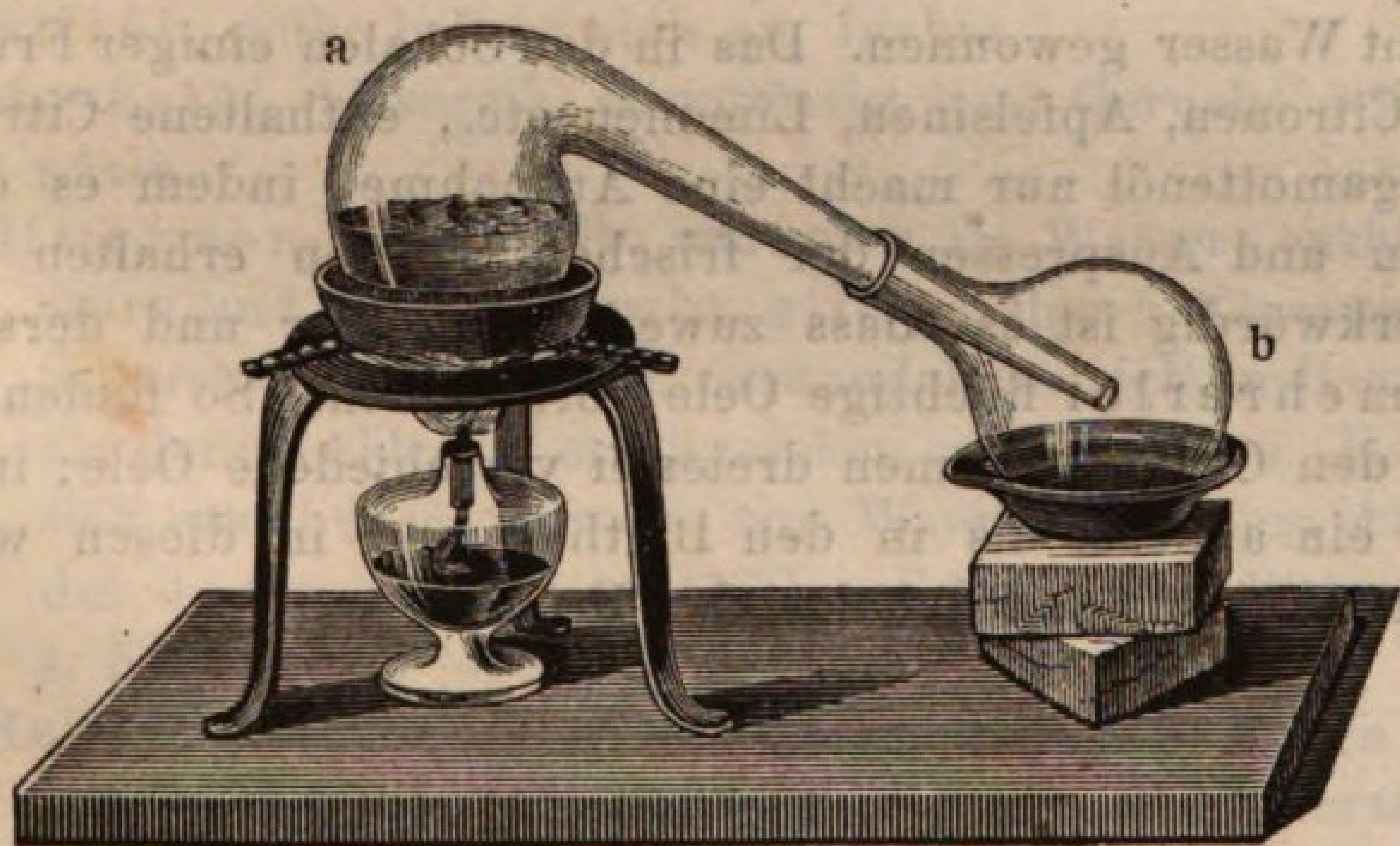


gestellt, und wenn sie dünnflüssig geworden, in ein geräumiges Kochfläschchen geschüttet, mit 120 CC. Wasser übergossen und

so lange destillirt, bis ungefähr $^3/_4$ des Wassers übergegangen sind. Der Rückstand wird noch heiss in kaltes Wasser ausgegossen, worin der von dem Terpentin übrig gebliebene, nichtflüchtige Theil zu einer festen Masse, zu Harz, erstarrt. Auf dem überdestillirten Wasser schwimmt eine starkriechende, farblose Flüssigkeit, ein flüchtiges Oel, bekannt genug unter dem Namen Terpentinöl. Der Terpentin, ein Saft, der aus Fichten, Lärchenbäumen und anderen Nadelhölzern ausfliesst, wenn man den Bast derselben durchschneidet, ist also ein Gemenge von Harz und Terpentinöl; das letztere wird durch die Hitze, zugleich mit dem Wasser, in Dampf verwandelt und durch Abkühlung wieder zu einer Flüssigkeit verdichtet.

724. Gewinnung von Kümmelöl. *Versuch.* Man destillire auf ähnliche Weise 20 Grm. Kümmelsamen, den man

Fig. 200.



vorher in einem Mörser zerquetscht hat, mit 150 CC. Wasser aus einer Retorte, bis etwa 80 CC. Wasser übergegangen sind. Die auf dem Wasser schwimmenden Tropfen sind gleichfalls ein flüchtiges Oel, Kümmelöl. Bei der Bereitung im Grossen wendet man statt der Destillirblasen weite und hohe Cylinder von Eisenblech an, durch welche man heisse Wasserdämpfe hindurchleitet, welche schliesslich in einem Kühlfasse verdichtet werden. Aus dem trüben Wasser scheidet sich beim Stehen das Oel ab und wird nachher von ersterem getrennt. Das Kümmelöl hat

den Geschmack und Geruch des Kümmelsamens in verstärktem Maasse, während der in der Retorte gebliebene Rückstand kaum noch danach schmeckt und riecht. Alle flüchtigen Oele besitzen einen brennenden Geschmack und fühlen sich rauh an (die fetten Oele schmecken mild und sind schlüpfrig anzufühlen).

725. Vorkommen der flüchtigen Oele. Wo immer wir an einer Pflanze Geruch bemerken, können wir annehmen, dass darin ein flüchtiges Oel vorhanden ist, welches allmälig verdampft. Wie unglaublich vertheilt und verdünnt dieses aber in manchen Gewächsen sein müsse, lässt sich daraus schliessen, dass aus 100 Pfund frischer Rosen- oder Orangenblüthen kaum 7 bis 8 Grm. flüchtiges Oel erhalten werden. Am häufigsten finden wir die flüchtigen Oele in den Blumen und Samen, ausserdem aber auch in den Stengeln und Blättern, seltener in den Wurzeln. Sie werden fast ohne Ausnahme auf dieselbe Weise, wie das Terpentinöl und Kümmelöl, durch Destillation der Pflanzentheile mit Wasser gewonnen. Das in den Schalen einiger Früchte, als der Citronen, Apfelsinen, Limonen etc., enthaltene Citronen- und Bergamottenöl nur macht eine Ausnahme, indem es durch Aufritzen und Auspressen der frischen Schalen erhalten wird. Sehr merkwürdig ist es, dass zuweilen in einer und derselben Pflanze mehrerlei flüchtige Oele vorkommen. So finden sich z. B. in den Orangenbäumen dreierlei verschiedene Oele: in den Blättern ein anderes als in den Blüthen und in diesen wieder ein anderes als in den Schalen der Früchte.

Bekanntere flüchtige Oele.

726. Von diesen mögen hier folgende Erwähnung finden.

a) Aus Blüthen:

Rosenöl, gelblich, dickflüssig, mit darin schwimmenden, talgähnlichen Blättchen (Stearopten).

Orangenblütöl (Neroliöl), farblos; wird am Lichte röthlich.

Chamillenöl, dunkelblau, dickflüssig; wird durch Alter und Licht grün, endlich braun.

Lavendel- oder Spieköl, gelblich, dünnflüssig; enthält keinen Sauerstoff.

Gewürznelkenöl, gelblich, bräunt sich bald; etwas dickflüssig, schwerer als Wasser; enthält eine besondere Säure (Nelkensäure).

Spiräaöl, enthält salicylige Säure.

Thymianöl, enthält einen festen, alkoholähnlichen Bestandtheil, Thymol.

b) Aus Samen und Früchten:

Kümmelöl, farblos; wird mit der Zeit gelblich, endlich braun.

Römisch-Kümmelöl, besteht aus dem Kohlenwasserstoff Cymol und dem aldehydähnlichen Cuminol.

Anisöl, gelblich; ist so reich an Stearopten, dass es schon bei + 12° C. fest und krystallinisch wird.

Fenchelöl, farblos oder gelblich; gesteht ebenfalls leicht zu einer festen Masse.

Dillöl, gelb; bräunt sich am Lichte.

Muskatöl, blassgelb, dünnflüssig; vom Geruche der Muskatnüsse.

Bittermandelöl, gelb, schwerer als Wasser; enthält Blausäure und ist daher sehr giftig; durch Einsaugung von Sauerstoff aus der Luft verwandelt es sich in Benzoesäure, als deren Aldehyd es angesehen werden kann. Es erzeugt sich erst bei Gegenwart von Wasser aus dem Amygdalin der bitteren Mandeln (767). Künstliches Bittermandelöl s. Nitrobenzol (578).

Senföl, gelblich, von äusserst scharfem, die Augen zu Thränen reizendem Geruche; enthält Schwefel. Es erzeugt sich ebenfalls erst bei Gegenwart von Wasser aus der Myronsäure des schwarzen Senfsamens (767). Verhält sich wie Rhodanallyl (730).

Wachholderbeeröl, farblos; enthält keinen Sauerstoff.

Lorbeeröl, weiss oder gelblich, dickflüssig.

Sadebaumöl, farblos oder gelblich, dünnflüssig; enthält keinen Sauerstoff.

Petersilienöl, blassgelb; trennt sich beim Schütteln mit Wasser in ein leichtes, flüssiges und in ein schweres, festes, krystallinisches Oel.

Citronenöl, aus der Schale der Citronen, ist sauerstofffrei.

Pomeranzenschalenöl, enthält ebenfalls keinen Sauerstoff.

Bergamottenöl, aus der Schale der Bergamotten, blassgelb, sehr dünnflüssig; sauerstofffrei.

c) Aus Blättern und Zweigen:

Krausemünzöl, wasserhell oder gelblich; wird mit der Zeit braun.

Pfeffermünzöl, wasserhell oder gelblich, sehr dünnflüssig; kommt jetzt häufig sehr schön aus Amerika.

Melissenöl, blassgelb; von citronenähnlichem Geruche.

Majoranöl, gelblich oder bräunlich.

Thymianöl, frisch gelblich oder grünlich, alt braunroth.

Salbeiöl, frisch gelblich oder grünlich, alt braunroth.

Wermuthöl, dunkelgrün; wird am Lichte bald braun oder gelb und dickflüssig.

Rosmarinöl (Anthosöl), wasserhell, sehr dünnflüssig; ist nächst dem Terpentinöl das billigste flüchtige Oel.

Cajaputöl, aus den Blättern eines molukkischen Baumes; das reine ist farblos, das rohe gewöhnlich grün und oft kupferhaltig, der Geruch kamphorartig.

Rautenöl, blassgelb oder grünlich.

Zimmtöl, gelb, bräunt sich bald an der Luft, schwerer als Wasser; sein Hauptbestandtheil ist Zimmtaldehyd.

Terpentinöl, das gemeinste der flüchtigen Oele, ist in allen unseren Nadelhölzern enthalten und fliesst aus diesen, mit Harz gemengt, als Terpentin aus (741). Gereinigt ist es farblos, dünnflüssig und riecht eigenthümlich durchdringend; es enthält keinen Sauerstoff, sondern nur den Kohlenwasserstoff, $C_{20}H_{16}$ oder $Ꞓ_{10}H_{16}$. Eine ordinäre, unangenehm brenzlich riechende Sorte davon, die bei der Pechbereitung aus dem Fichtenharze gewonnen wird, ist das bekannte Kienöl.

Kamphor, $Ꞓ_{10}H_{16}Ɵ$, kommt als eine feste, weisse, krystallinische, starkriechende Masse im Handel vor, die man aus dem Holze des in Japan und Ostindien wachsenden Kamphorbaumes durch Destillation mit Wasser oder durch Sublimation darstellt. (Als eine thierische Kamphorart kann das blasenziehende Cantharidin der spanischen Fliegen gelten.)

d) Aus Wurzeln:

Kalmusöl, gelb oder bräunlich. Baldrianöl, blassgelb oder grünlich; wird an der Luft schnell braun und dickflüssig.

727. Gährungsöle. *Versuch.* Wird Tausendgüldenkraut mit Wasser übergossen und so lange an einen mässig warmen Ort gestellt, bis eine Gährung eingetreten ist, so entwickelt sich aus dem zuvor geruchlosen Kraute ein sehr durchdringender Geruch, der von einem flüchtigen Oele herrührt, welches sich bei der Gährung erzeugt. Auf ähnliche Weise bekommen die frisch geruchlosen Blätter der Tabackspflanze durch das sogenannte Schwitzen den bekannten Tabacksgeruch. Man nennt die Oele dieser Art, die sich auch aus vielen anderen geruchlosen Pflanzen durch Gährung erzeugen lassen, Fermentolea. Auch das Bittermandelöl und Sénföl werden durch einen eigenthümlichen Gährungsprocess erzeugt.

Fuselöl. Die bei der Gährung von Kartoffeln und Korn in den Branntweinbrennereien sich entwickelnde, unangenehm riechende, ölähnliche Flüssigkeit, das sogenannte Fuselöl, verhält sich zwar ihren äusseren Eigenschaften nach auch wie ein Oel, muss aber, ihrer chemischen Constitution wegen, zu den Alkoholarten gezählt werden (686).

728. Brenzliche Oele. Endlich erzeugen sich auch ölartige flüchtige Körper bei der trocknen Destillation von Pflanzen- und Thierstoffen; aus dem Holze z. B. Holztheeröl, aus den Steinkohlen Steinkohlentheeröl, aus den Braunkohlen und Torf Photogene oder Mineralöl, aus den Knochen ätherisches Stink- oder Thieröl, aus dem Bernstein, Bernsteinöl etc. Sie zeichnen sich sämmtlich durch einen höchst unangenehmen Geruch aus und sind Gemenge von vielerlei flüchtigen Stoffen. Man nennt sie flüchtige brenzliche oder empyreumatische Oele.

Steinöl. Aehnlicher Art ist auch das schon in 582 besprochene Steinöl oder Petroleum (*Oleum petrae*), ein Gemenge zahlreicher, durch ihren Siedepunkt sich unterscheidender Kohlenwasserstoffe, als Ɵ_6H_{14}, Ɵ_7H_{16}, Ɵ_8H_{18}, $\text{Ɵ}_{10}H_{22}$ u. a. Die rothe Farbe, die dieses Oel zuweilen im Handel hat, erhält es durch Zusatz von Alkannawurzel.

Nähere Bestandtheile der flüchtigen Oele.

729. Alle im Vorigen besprochenen Oele sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, mit Ausnahme des Kamphors, der erst bei 175° C. schmilzt, unter dieser Temperatur aber eine weisse, feste, krystallinische Masse bildet. Kühlt man die flüchtigen Oele ab, so scheidet sich aus ihnen, oft schön krystallisirt, ein fester, weisser, kamphorartiger Stoff ab, den man Stearopten genannt hat, im Gegensatz zu dem flüssig bleibenden Theile, welcher Elaeopten heisst. Hiernach bestehen auch die flüchtigen Oele, ähnlich wie die fetten, aus zwei näheren Bestandtheilen, von denen der eine fest und krystallisirbar ist, der andere aber nur als eine Flüssigkeit erhalten werden kann. Manche Oele, z. B. das Rosenöl und Anisöl, sind so reich an Stearopten, dass sie bei der Aufbewahrung in kühlen Gewölben zu einer gallertartig-krystallinischen Masse gerinnen.

Elementarbestandtheile der flüchtigen Oele.

730. Die flüchtigen Oele zerfallen nach den Elementen, woraus sie zusammengesetzt sind, in drei Classen:

a) Sauerstofffreie (zweielementige) Oele, Terpene oder Camphene. Diese bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, meist in isomerischen Verbindungen von der Formel $C_{10}H_8$ (Θ_5H_8) oder als Multipla derselben, so dass man sie als verdichtetes Leuchtgas ansehen könnte. Hierher gehören: Terpentin-, Wachholder-, Sadebaum-, Lavendel-, Citronen-, Apfelsinen-, Bergamott-, Pomeranzen-, Copaiva-, Kautschuk-, Steinöl und andere;

b) Sauerstoffhaltige (dreielementige) Oele. Sie enthalten ausser Kohlenstoff und Wasserstoff auch Sauerstoff. Diese allgemeine Zusammensetzung haben die meisten übrigen flüchtigen Oele, während sie in ihrem besonderen chemischen Verhalten sehr von einander abweichen und als Gemenge von Kohlenwasserstoffen mit Säuren,

Aldehyden, Phenolen u. a. anzusehen sind. Sie haben in der Regel ein höheres specifisches Gewicht und einen höheren Kochpunkt als die sauerstofffreien Oele.

c) Schwefelhaltige Oele. Diese sind aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel (theils mit theils ohne Stickstoff) zusammengesetzt. Die hierher gehörigen Oele zeichnen sich durch einen sehr heftigen, zu Thränen reizenden Geruch und durch eine grosse Schärfe aus, derzufolge sie, auf die Haut gebracht, Blasen ziehen. Sie stellen Verbindungen des Kohlenwasserstoffs Allyl, C_6H_5 (Ɵ_3H_5) mit Schwefel oder Schwefelcyan dar. Hierher gehören: Senföl (Rhodanallyl), Knoblauchöl (Schwefelallyl), Meerrettigöl, Löffelkrautöl u. e. a.

Von diesen Elementen ist gewöhnlich (der Atomzahl nach) der Wasserstoff vorherrschend; man zählt die flüchtigen Oele deswegen zu den wasserstoffreichen organischen Substanzen.

Eigenschaften der flüchtigen Oele.

731. Verdunstung. *Versuch.* Man tröpfle einen Tropfen irgend eines flüchtigen Oels auf ein Blatt Papier und lasse letzteres an der Luft liegen: das Papier bekommt erst einen scheinbaren Fettfleck, dieser verschwindet aber mit der Zeit wieder, weil das Oel allmälig verdunstet. Der Name flüchtige oder ätherische Oele erklärt sich hieraus von selbst; ebenso das Verschwinden des Kamphors beim Liegen an der Luft.

Legt man das geölte Papier auf einen warmen Ofen, so geht die Verdunstung viel schneller vor sich. Auf diese Weise werden wohlriechende Oele benutzt, um die Zimmerluft zu parfümiren. Gewöhnlich benetzt man ein Gemenge von fein geschnittenen Blumen, Hölzern und Rinden mit den Oelen und streut dieses als Räucherpulver auf den warmen Ofen.

732. Kochen. *Versuch.* Man erhitze etwas Terpentinöl in einem Töpfchen bis zum Kochen: ein eingetauchtes Thermometer wird darin ungefähr 150° C. zeigen; das Terpentinöl braucht demnach $1/2$mal mehr Wärme zum Sieden als das Wasser. Andere Oele kochen oft noch schwerer. Durch einen brennenden

Holzspan lässt sich der Dampf entzünden und brennt mit einer intensiven, russenden Flamme; durch Zudecken des Gefässes mit einem Brettchen wird diese leicht wieder ausgelöscht, keineswegs aber darf man Wasser zum Löschen brennender Oele anwenden. Das Oel wird nun vom Feuer entfernt, nach dem Erkalten mit etwas Wasser vermischt und abermals erhitzt; so lange noch Wasser zugegen ist, wird die Hitze der Flüssigkeit nicht über 100° C. steigen. Der aufsteigende Dampf ist ein Gemenge von luftförmigem Wasser und luftförmigem Oele; es tritt hierbei der schon oben erwähnte Fall ein: das schwer flüchtige Oel verdampft mit dem leichter flüchtigen Wasser. Bei dem Kochpunkte des Wassers bleiben die Oele unverändert, bei ihrem eignen Kochpunkte dagegen (bei 140° bis 200° C.) werden sie nicht selten etwas brenzlich; dies der Grund, warum man bei der Gewinnung von Oelen, wie beim Umdestilliren (Rectificiren) derselben, immer Wasser zusetzt.

733. Brennbarkeit. *Versuch.* Einige Tropfen Terpentinöl werden auf einen Holzspan gebracht und einer Lichtflamme genähert; ein Stückchen Kamphor wird auf Wasser gelegt und mit einem brennenden Holzspan berührt: beide Körper werden sich entzünden und mit stark leuchtender und russender Flamme verbrennen. Die flüchtigen Oele sind ungleich leichter brennbar als die fetten Oele, welche, um mit Flamme zu brennen, bis auf 350° C. erhitzt werden müssen. In dem Terpentinöl hat man hiernach ein bequemes Mittel, um Oellampen schnell anzuzünden; man hat dann nur nöthig, den Docht der letzteren mit einigen Tropfen Terpentinöl zu bepinseln. Das durch Rectification über Kalk oder Soda vollkommen harz- und wasserfrei dargestellte Terpentinöl bildete früher unter dem Namen Camphine ein Beleuchtungsmaterial, welches in besonders hierzu eingerichteten Lampen verbrannt wurde.

Versuch. 16 Grm. absoluter Weingeist werden mit 2 Grm. Terpentinöl vermischt und in eine Spirituslampe gegossen; das Gemisch giebt angezündet eine stark leuchtende, aber nicht mehr russende Flamme, da aller Kohlenstoff des Terpentinöls durch die Hitze des brennenden, wasserstoffreichen Weingeistes zuerst in Leuchtgas, dann in Kohlensäure (und Wasser) verwandelt wird. Man wendete dieses Gemenge früher zur Beleuchtung

an und bediente sich dazu eigenthümlicher Lampen, die so eingerichtet waren, dass die Flüssigkeit darin verdampfte und der aus mehren feinen Oeffnungen ausströmende Dampf angezündet wurde. Hiervon erhielten sie den Namen Oelgaslampen.

734. Flüchtige Oele und Wasser. *Versuch.* Man tröpfle einige Tropfen Kümmelöl auf Wasser: das Oel schwimmt oben auf, ohne sich mit dem Wasser zu vermischen, denn die meisten flüchtigen Oele sind leichter als Wasser; man hat aber auch einige, namentlich das Zimmt-, Nelken- und Bittermandelöl, die schwerer sind als Wasser und daher darin untersinken.

Wird das Gemisch tüchtig durchgeschüttelt, so trübt sich das Wasser, weil das Oel sich dadurch in kleine unsichtbare Tröpfchen zertheilt, die in dem Wasser schwebend erhalten werden. Durch Filtriren kann man das Wasser wieder klären, es behält aber den Geruch und Geschmack des zugesetzten Oels, da eine kleine Quantität davon aufgelöst bleibt. In den Apotheken werden viele solcher Auflösungen unter dem Namen medicinische oder destillirte Wässer als Heilmittel vorräthig gehalten. Es ist gut, sie gegen das Licht geschützt und in vollen Gefässen aufzubewahren, da Licht und Luft zersetzend auf die flüchtigen Oele einwirken. Gewöhnlich bereitet man sich dieselben durch Destillation der ölhaltenden Pflanzentheile mit Wasser, weil dadurch eine innigere Verbindung des Wassers mit dem Oele erhalten wird, als durch blosses Schütteln. Das Terpentinöl verbindet sich selbst chemisch mit dem Wasser, wenn es lange mit säurehaltigem Wasser in Berührung bleibt; das Hydrat bildet farblose Krystalle, Terpin oder Terpentinkamphor genannt.

735. Flüchtige Oele und Weingeist. *Versuch.* Zu 30 Grm. starken Weingeistes bringe man einen Tropfen Kümmelöl; es löst sich leicht und vollständig. Alle flüchtigen Oele sind in Weingeist löslich, die meisten schon in 80grädigem, die sauerstofffreien, wie Terpentin-, Citronenöl etc., nur in absolutem. Wird die Lösung mit 30 Grm. Wasser versetzt, in dem man zuvor 15 Grm. Zucker gelöst hat, so erhält man Kümmelliqueur. Auf diese Weise bereitet man sich jetzt allgemein mit Hülfe der verschiedenen gewürzhaften Oele die zahllosen im Handel vorkommenden Liqueure (Liqueurbereitung auf kaltem

Wege). Früher stellte man sich dieselben aus den gewürzhaften Samen, Blüthen, Kräutern etc. in Substanz dar, indem man diese mit Branntwein übergoss und den Branntwein wieder abdestillirte oder abzog, wobei gleichfalls eine geistige Lösung von ätherischem Oele gewonnen wurde. Hiervon schreibt sich der alte Name „abgezogene Branntweine“ her.

Parfüms. *Versuch.* In 10 Grm. starken Weingeistes werden einige Tropfen Bergamott-, Orangenblüth-, Lavendel- und Rosmarinöl aufgelöst; man erhält einen Spiritus von sehr angenehmem Geruche. Auf ähnliche Weise werden die unzähligen Parfümerieartikel zusammengesetzt, an deren Spitze das bekannte *Eau de Cologne* steht. Auch der Räucherspiritus, der oft statt des Räucherpulvers auf eine warme Ofenplatte gesprengt wird, hat eine ähnliche Zusammensetzung. Der als äusseres Heilmittel viel gebrauchte Kamphorspiritus ist gleichfalls eine Lösung von Kamphor in Weingeist.

Riechessig. Ausser vom Weingeist werden die flüchtigen Oele auch von Aether und concentrirter Essigsäure aufgelöst. Eine Lösung von Nelken-, Zimmt-, Bergamott- und Thymianöl in Essigsäure findet ihres erfrischenden Geruches wegen als Riechessig Anwendung.

736. Flüchtige Oele und Fette. Ebenso lassen sich die flüchtigen Oele mit fetten Oelen, wie mit Talg- und Schmalzarten vermischen; man kann durch sie daher den letzteren, wie z. B. bei Haarölen, Pomaden etc., einen angenehmen Geruch ertheilen, oder auch Fettflecke aus Zeugen auflösen und entfernen. Mit Weingeist versetzte flüchtige Oele geben, mit Baumöl geschüttelt, eine trübe, milchige Flüssigkeit, weil der Weingeist sich in dem Baumöle nicht auflöst; dies Verhalten kann benutzt werden, um käufliche Oele auf ihre Reinheit zu prüfen.

737. Oelzucker. *Versuch.* Man reibe ein Stück Zucker einige Zeit an der Schale einer frischen Citrone: der harte Zucker zerreisst die Zellen, in denen das Citronenöl eingeschlossen ist, und das Oel zieht sich in die Poren des Zuckers ein. Das aus letzterem erhaltene Pulver wird Oelzucker (*Elaeosaccharum*) genannt. In der Pharmacie bereitet man sich solche Mischun-

gen gewöhnlich durch inniges Verreiben von Zuckerpulver mit flüchtigen Oelen.

738. Flüchtige Oele und Jod. *Versuch.* Bringt man einige Tropfen *Terpentinöl* auf *Jod*, so entsteht ein lebhaftes Aufsprühen, indem ein Theil Wasserstoff ausgetrieben wird, an dessen Stelle Jod tritt. Dieselbe Verpuffung erfolgt durch alle sauerstofffreien Oele, nicht aber durch die sauerstoffhaltigen; man kann dieses Verhalten daher als eine, obwohl nicht sehr genaue Probe benutzen, um zu erfahren, ob die Oele der letzteren Classe etwa mit Terpentinöl verfälscht worden sind.

739. Verharzen der flüchtigen Oele. *Versuch.* Man lasse etwas Terpentinöl in einer mit Papier bedeckten Tasse einige Wochen an der Luft stehen, und stelle die Tasse nachher an einen warmen Ort, um das Oel zu verdampfen: es wird sich nicht mehr vollständig verflüchtigen, sondern einen anfangs klebrigen, später glasähnlichen Rückstand hinterlassen. Dieser Rückstand ist *Harz*. *Alle flüchtigen Oele verharzen, weil sie an der Luft allmälig Sauerstoff einsaugen*, welcher, ähnlich wie bei der Umwandlung des Weingeistes in Essig, sich zuerst mit einem Theile des Wasserstoffs der Oele zu Wasser verbindet, dann aber zu dem Oel selbst tritt. Der Weingeist wird an der Luft durch Wasserstoffentziehung zu Aldehyd, dann durch Sauerstoffaufnahme zu Essigsäure; die flüchtigen Oele werden auf ähnliche Weise an der Luft erst zu Terpentinen (Gemenge von flüchtigem Oel und Harz), dann zu *Harzen*.

Terpentinöl hat die Formel $C_{20}H_{16}$ oder $\text{Ꞓ}_{10}H_{16}$
Harz kann angesehen werden als . $C_{20}H_{15}O_2$ oder $\text{Ꞓ}_{10}H_{15}\text{Ɵ}$
Differenz . $-H + O_2$ oder $-H + \text{Ɵ}$.

Das Terpentinöl braucht also nur 1 Aeq. Wasserstoff abzugeben und 2 Aeq. oder 1 At. Sauerstoff aufzunehmen, um sich in Harz umzuwandeln. In der Wirklichkeit bilden sich neben dem Harz noch etwas Ameisensäure und Essigsäure. Hieraus erklärt sich auf eine einfache Weise, warum die flüchtigen Oele bei längerer Aufbewahrung, und zwar in grossen und nur theilweise angefüllten Gläsern schneller als in kleinen, nach und nach zähe und geruchlos werden, und warum die an den Standgefässen derselben äusserlich herablaufenden Tropfen zu einer erst klebrigen,

dann harzigen Masse eintrocknen. Altes Terpentinöl taugt aus diesem Grunde nicht zum Fleckausmachen, da es zwar das auf den Zeugen eingetrocknete alte Fett oder Harz auflöst, dafür aber neue Harzflecke zurücklässt. Altes Terpentinöl enthält zugleich Ozon und reagirt wie dieses (160); dasselbe hat sich aus dem aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff erzeugt.

Sehr schnell werden die flüchtigen Oele in nichtflüchtige, harzartige Körper durch Vermischung mit der sauerstoffreichen Salpetersäure verwandelt. Gleichzeitig entstehen dabei zuweilen eigenthümliche organische Säuren, z. B. aus Terpentinöl Terpentinsäure, aus Kamphor Kamphorsäure etc. Manche solcher Säuren erzeugen sich auch neben dem Harze und anderen eigenthümlichen Stoffen von selbst bei langem Stehen der Oele an der Luft, z. B. in dem Zimmtöl die Zimmtsäure, in dem Bittermandelöl die Benzoesäure etc.

740. Geruch der flüchtigen Oele. Das metallische Arsen riecht nicht; das mit Sauerstoff verbundene Arsen (arsenige Säure) riecht ebenfalls nicht: wir bemerken den auffallenden Knoblauchgeruch nur in dem Momente, in welchem das Arsen sich eben mit dem Sauerstoff verbindet. Aehnlich scheint es sich mit dem Geruche der flüchtigen Oele zu verhalten, so dass man annehmen kann, er entstehe dadurch, weil und während die Oele sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Frisch und bei Abhaltung der Luft destillirte Oele und alte verharzte Oele riechen entweder gar nicht oder ganz anders als gewöhnlich.

XVIII. Terpentine, Harze und Gummiharze.

Terpentine und Balsame.

741. Terpentine. Wer einmal in einem Kiefern-, Fichten- oder Tannenwalde gewesen ist, der hat gewiss den gelben, durch-

sichtigen Saft, der honigähnlich aus diesen Bäumen tropft, bemerkt, vielleicht auch gefunden, dass er zwischen den Fingern klebt und sich durch blosses Wasser nicht wieder von letzteren wegwaschen lässt. Dieser Saft ist Terpentin. Durch Einschnitte, die man in die Bäume macht, erhält man ihn in grösserer Menge. Der aus unseren Fichtenarten gewonnene ist trübe und sehr dickflüssig und führt im Handel den Namen gemeiner Terpentin; mit dem Namen venetianischer Terpentin dagegen bezeichnet man die durchsichtigere und dünnere Sorte, die man von den Lärchenbäumen gewinnt. Eine noch feinere Qualität, die von der amerikanischen Balsamfichte herstammt, hat den Namen canadischer Balsam bekommen. Die durchsichtigen Harzsäfte der Coniferen, wie die durch Verdickung daraus entstandenen Terpentine, sind als Auflösungen von Fichtenharz in Terpentinöl anzusehen. Durch Destillation mit Wasser werden sie in diese zwei Bestandtheile geschieden, wie durch Versuch (723) nachgewiesen wurde.

742. Balsame. Mit diesem Namen hat man die Harzsäfte oder Terpentine belegt, welche aus gewissen Bäumen der heissen Zone ausfliessen oder ausgekocht werden. Die bekanntesten davon sind:

Copaivabalsam, gelblich, dickflüssig, besteht aus einem krystallisirbaren Harze (Copaivasäure) und einem sauerstofffreien ätherischen Oele (Copaivaöl). Wird als Arzneimittel benutzt.

Perubalsam, braunschwarz, dickflüssig, enthält Zimmtsäure und Zimmtäther und wird seines vanilleartigen Geruches wegen als Gewürz benutzt.

Tolubalsam, frisch gelb und dünnflüssig, alt braun und zähe, angenehm aromatisch riechend, besteht aus einem sauerstofffreien ätherischen Oele (Tolen) und zwei Harzen; enthält ebenfalls Zimmtsäure.

Storax, graubraun, dickflüssig, enthält ein aromatisches Oel (Styrol), mehrere Harze und Zimmtsäureverbindungen. Man verwendet ihn zur Anfertigung von Räucherkerzchen, Ofenlack etc.

Harze (*Resinae*).

743. Harzgewinnung. *Versuch.* Man streiche ein wenig Terpentin auf ein Brettchen und lege das letztere einige Tage in die Nähe eines geheizten Ofens: das Terpentinöl verdunstet, das Harz bleibt als eine amorphe, spröde Masse zurück. Auf ähnliche Weise lässt man an vielen Orten in Nadelholzwaldungen den aus angehauenen Stellen der Bäume ausfliessenden Terpentin an den Bäumen selbst eintrocknen, kratzt das feste Harz ab und bringt es, nachdem man es durch Schmelzen und Durchgiessen durch einen Durchschlag von den anhängenden Holztheilen gereinigt hat, unter dem Namen Fichtenharz, weisses Pech oder Fasspech, in den Handel. Von solchem Harze werden jetzt grosse Quantitäten aus den Waldungen Amerikas zu uns gebracht (amerikanisches Harz). Beim Eintrocknen des Terpentins wirken zweierlei Ursachen; ein Theil des darin befindlichen flüchtigen Oels verdunstet und verursacht den eigenthümlichen Geruch der Nadelholzwälder, ein anderer Theil aber zieht Sauerstoff aus der Luft an und verharzt (739).

Wie aus unseren Fichten, so tröpfeln auch aus vielen anderen Bäumen und Sträuchern, insbesondere aus denen heisser Länder, entweder freiwillig oder durch absichtlich gemachte Einschnitte, harzige Säfte aus, die an der Luft erst zu weichen (Weichharze) zuletzt zu festen Harzen (Hartharze) erhärten. Die meisten der im Handel vorkommenden Harze werden auf diese Weise gewonnen.

Fig. 201.



744. Harzgewinnung durch Ausschmelzen. *Versuch.* Am reichlichsten setzt sich das Harz in den Bäumen an den Stellen ab, wo Aeste aus dem Stamme

hervordringen; man nennt solches mit Harz durchdrungenes Holz Kienholz. Wird ein Stückchen Kienholz an dem oberen Ende angebrannt und in schräger Richtung mit einem Drahte über ein Wassergefäss gehalten, so verbrennt ein Theil des Harzes mit russender Flamme, während ein anderer Theil davon durch die Wärme schmilzt und in das untergesetzte Gefäss abfliesst. Harz ist im Wasser nicht löslich, es erhärtet daher in letzterem, ohne sich damit zu vermischen. Auch auf diese Weise, durch Ausschmelzen oder Ausbraten, kann man sich Harze aus manchen Pflanzen darstellen; die Farbe derselben ist dann aber gewöhnlich dunkel, weil etwas Harz während des Ausschmelzens brenzlich und damit kohlenstoffreicher geworden ist, nach dem allgemeinen Gesetze, dass der Wasserstoff immer früher verbrennt als der Kohlenstoff.

745. Harzgewinnung durch Auflösen. *Versuch.* Man übergiesse etwas Kienholz mit starkem Weingeist und lasse es einen Tag lang an einem warmen Orte stehen: das Harz löst sich auf, die Holzmasse bleibt zurück. Die Auflösung wird in die achtfache Menge Wasser gegossen, welches sich dadurch in eine Milch umwandelt, weil das Harz, aber so fein zertheilt, niedergeschlagen wird, dass es in Gestalt feiner Kügelchen im Wasser herumschwimmt. Erhitzt man diese Milch zum Kochen, so erweichen die Harztheilchen und vereinigen sich mit einander zu Klümpchen, die sich abnehmen und zu grösseren Stücken zusammendrücken lassen. Dies ist eine dritte Methode, um Harze aus Vegetabilien auszuziehen.

746. Zusammensetzung der Harze. Soweit man die Harze bis jetzt untersucht hat, sind sie als Gemenge verschiedener eigenthümlicher Harzarten erkannt worden, welche sich durch abwechselnde Behandlung der rohen Harze mit kaltem oder heissem, schwachem oder starkem Weingeist oder mit Aether von einander trennen lassen. Häufig sind ihnen auch noch kleinere Mengen von ätherischen Oelen beigemengt. Zur Unterscheidung dieser besonderen Harze von einander legte man ihnen die griechischen Buchstaben α, β, γ etc. bei und nannte sie Alphaharz, Betaharz, Gammaharz etc. Weitere gründlichere Untersuchungen einzelner Harze lehrten, dass diese besonderen Harze

sich wie schwache Säuren verhalten und dass manche derselben regelmässige Krystallgestalt annehmen können. Solche genauer charakterisirte Harze führt man jetzt als Säuren (Harzsäuren) auf. So besteht das Fichtenharz aus Sylvinsäure oder Abietinsäure ($C_{20}H_{30}O_2$), welche in farblosen Blättchen krystallisirt und in schwachem Weingeist nicht löslich ist, und aus amorpher Pininsäure, von gleicher Zusammensetzung, welche durch schwachen Weingeist gelöst wird. So das Galipotharz aus krystallisirbarer Pimarsäure und amorpher Pininsäure u. a.

Von Elementen finden sich nur die bekannten drei in den Harzen vor: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Dass sie etwas weniger Wasserstoff enthalten als die flüchtigen Oele, wurde schon in Nro. 739 erwähnt, immerhin aber gehören sie doch, wie die Oele und Fette, zu den wasserstoff- und kohlenstoffreichen und sauerstoffarmen organischen Verbindungen.

Verschiedene Arten von Harzen.

747. Bekanntere Harze. Die wichtigsten Harze sind:

Fichtenharz (burgundisches Harz, weisses Pech, Fasspech), das Harz unserer Nadelhölzer, ist ein Gemenge von Sylvin- oder Abietinsäure und Pininsäure.

Galipot, ist eine sehr helle, gelblichweisse Sorte von Fichtenharz, die aus Frankreich zu uns gebracht wird.

Birkenharz (Betulin), ein farbloses Harz der Birkenrinde, welches bei langsamer Erhitzung der letzteren als eine wollartige Masse ausblüht.

Copal, gelblichweiss bis braun, sehr hart; kommt oft mit Sand und Erde bedeckt zu uns, von denen man ihn durch Abwaschen mit Lauge und Abfeilen befreit. Der aus Westindien und Afrika stammende Copal hat eine glatte Oberfläche, der ostindische dagegen sieht runzlich und genarbt aus. Ist in gewöhnlichem Weingeist nicht, in absolutem unvollständig, in Aether aber vollkommen löslich; am leichtesten der ostindische.

Dammarharz (Cowdee), farblos oder gelblich, ziemlich hart, dem Copal ähnlich, aber in heissem Alkohol vollkommen löslich, kommt aus Ostindien.

Mastix, gelbliche, durchsichtige kleine Tropfen, die aus einer hauptsächlich in Griechenland wachsenden Pistazienart ausschwitzen.

Sandarak, dem vorigen sehr ähnlich, nur noch spröder, wird von einigen immergrünen Bäumen Afrikas gesammelt.

Gummilack quillt in Ostindien aus mehren Arten von Feigenbäumen hervor, wenn diese von einem kleinen Insect, der Lackschildlaus, angestochen werden.

a) Stocklack wird der an den Zweigen angetrocknete Saft genannt,

b) Körnerlack, wenn er von den Zweigen abgekratzt ist,

c) Schellack, wenn er geschmolzen und zur Entfernung der Unreinigkeiten durch ein Tuch gegossen wurde. Gewöhnlich lässt man das geschmolzene Harz auf grossen Baumblättern breitlaufen und erkalten, wodurch es die Gestalt dünner Blätter annimmt. Das bessere hat eine orangene, das geringere eine braunschwarze Farbe. Es ist das zäheste Harz und dabei sehr hart und wird dieser Eigenschaften wegen zur Siegellackbereitung und zum Poliren der Holzmeubles angewendet.

Benzoë wird aus einem ostindischen Baume durch Einschnitte gewonnen. Das in den ersten drei Jahren ausfliessende Harz bildet milchweisse, getropfte Stücken, das später gewonnene dagegen ist gelb oder braun. Beide Sorten werden zusammengeknetet, daher das mandelartige Ansehen der gewöhnlichen Benzoë. Ihr angenehmer, vanilleartiger Geruch hat sie zu einem beliebten Räucher- und Schönheitsmittel gemacht. Sie besteht aus drei verschiedenen Harzen und circa zu $^1/_6$ aus Benzoësäure, welche beim Schmelzen in Dämpfen entweicht. Manche Sorten enthalten auch noch Zimmtsäure.

Drachenblut ist ein durch einen rothen Farbstoff braunroth gefärbtes Harz, welches aus einigen ostindischen Palmenarten erhalten wird; Alkohol giebt damit eine rothe Lösung (Goldlack).

Guajak, ein braungrünes Harz, das man durch Ausbraten des westindischen Guajak- oder Pockenholzes gewinnt, findet als Arzneimittel häufige Anwendung. Das Pulver davon wird an der Luft unter Anziehung von Sauerstoff blaugrün, die alkoholische Lösung (Guajactinctur) durch Ozon, Chromsäure, salpetrige Säure,

Chlor u. a. dunkelblau. Der Hauptbestandtheil desselben ist ein krystallisirbares Harz (Guajakharzsäure) und liefert bei der trocknen Destillation Guajakol, das sich auch im Buchenkreosot findet. Xanthorhoeaharz, ein gelbes australisches Harz, giebt bei der Behandlung mit Salpetersäure eine grosse Ausbeute von Pikrinsäure und bei der trocknen Destillation von Carbolsäure (Steinkohlenkreosot).

Jalappenharz wirkt stark purgirend und wird durch Ausziehen der Jalappenwurzel mit Alkohol gewonnen; es löst sich in kochendem Terpentinöl und Aether nicht auf und unterscheidet sich dadurch von dem sogenannten Jalappenstengelharz, dessen medicinische Wirkung schwächer ist.

In der Pharmacie sind noch viele andere Harze im Gebrauche, z. B. das Anime-, Tacamahak-, Elemiharz u. a. m.

748. Erdharze und Brandharze. Ausser den vorgenannten Harzen sind noch zwei zu erwähnen, die man aus der Erde gräbt oder aus dem Meere fischt, Bernstein und Asphalt.

Der Bernstein stammt wahrscheinlich aus den Wäldern einer früheren, durch Wasserfluthen untergegangenen Schöpfung. Die Harze machen eine Ausnahme von der Regel: sie verfaulen und verwesen nicht, wie die übrigen organischen Körper. Das Bernsteinharz konnte sonach Jahrtausende in der Erde oder im Meere unverändert bleiben, während die vorweltlichen Bäume, aus denen es ausgeflossen, sich in Braunkohle oder Moor umänderten oder völlig zersetzten, d. h. in Kohlensäure, Wasser etc. zerlegt wurden. Am häufigsten findet man den Bernstein in der Ostsee und an den Ufern derselben und in manchen Braunkohlengruben. Seine Härte und Zähigkeit ist bekannt genug, da man Geräthschaften daraus schneiden und schleifen kann, die man sonst gewöhnlich aus Glas oder Horn ausarbeitet. Von den übrigen Harzen unterscheidet er sich dadurch, dass er beim Schmelzen Bernsteinsäure giebt und eine Veränderung erleidet, derzufolge er dann in Weingeist und Oelen, die den ungeschmolzenen kaum angreifen, löslich wird. Bei längerem Schmelzen wird er schwarz und heisst dann Bernsteincolophonium; zugleich giebt er dabei ein sehr unangenehm riechendes, brenzliches Oel, Bernsteinöl, welches zuweilen als Arzneimittel gebraucht wird.

Asphalt oder Judenpech ist gleichfalls ein Erdharz, das man in manchen Seen Asiens, namentlich im todten Meere, antrifft. Es hat eine schwarze Farbe und grosse Aehnlichkeit mit dem schwarzen Harze, welches man durch Einkochen von Steinkohlentheer erhält (künstlicher Asphalt). An anderen Orten findet man den Asphalt weich und terpentinartig in der Erde (Bergtheer); diese Art wird in neuerer Zeit, mit Sand und Kalk vermengt, zur Bereitung künstlicher Trottoir- und Dachsteine angewendet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich diese beiden Harze, wie gleicherweise das Steinöl, aus Steinkohlenlagern erzeugen, welche im Innern der Erde durch vulcanisches Feuer erhitzt werden.

Brandharze. Aehnliche harzartige Körper von schwarzer Farbe und unangenehmem Geruche entstehen auch künstlich, wo immer Pflanzen- und Thierstoffe bei ungenügendem Luftzutritte erhitzt werden, also namentlich bei der trocknen Destillation derselben. In flüssiger Form werden diese (in ätherischen brenzlichen Oelen gelöst) Theer, in fester Form Brandharze (künstlicher Asphalt, Steinkohlenasphalt etc.) genannt.

Eigenschaften und Benutzung der Harze.

749. Harze an der Luft. Wie beim Bernstein erwähnt worden, sind die Harze unverwesliche Körper, ja sie haben sogar die Kraft, andere Körper, die sehr leicht in Verwesung oder Fäulniss übergehen, z. B. Fleisch, vor dieser Zersetzung zu schützen: deswegen benutzte man sie sonst zum Einbalsamiren von Leichnamen, die wir jetzt noch nach Jahrtausenden, zu Mumien eingetrocknet, in den ägyptischen Pyramiden antreffen.

750. Harze und Wasser. Die Harze sind im Wasser unlöslich und daher geschmacklos; nur einige können sich in ganz geringer Menge darin lösen und diese besitzen dann in der Regel einen bittern Geschmack. Wie die Harze im Handel vorkommen, halten aber viele etwas Wasser in feinzertheilter Gestalt eingeschlossen und werden dadurch trübe und undurchsichtig; das gewöhnliche Fichtenharz und der gekochte Terpentin sind hierher gehörige Beispiele.

Colophonium. *Versuch.* Man erhitze ein Stück von dem bei 723. erhaltenen festen Terpentin oder auch etwas Fichtenharz in einem Löffel, bis alles Wasser verdampft ist: das wasserfreie Harz wird nun vollkommen durchsichtig erscheinen;

Fig. 202.



man nennt es in diesem Zustande Colophonium, und zwar weisses, wenn es schwach erhitzt wurde, braunes dagegen, wenn die Erhitzung so weit stieg, dass ein wenig von dem Harze in Brandharz überging. Das Colophonium ist so spröde, dass es leicht zu Pulver zerrieben werden kann. Bestreicht man einen Geigenbogen damit, so bleibt das gebildete Harzpulver an den Haaren haften und diese haften dann wieder besser an den Saiten der Violine. Dasselbe geschieht mit den Gewichtsschnuren der Wanduhren, wenn man sie mit Colophonium einreibt, um das Herabrutschen derselben zu verhindern. Die Harze bringen sonach eine den Fetten entgegengesetzte Wirkung hervor; durch Harz erzeugt man eine rauhe, unebene Oberfläche, durch Fett eine glatte, schlüpfrige.

751. Harze in der Wärme. Der eben angestellte Versuch zeigt uns zugleich noch eine andere Eigenschaft der Harze, nämlich ihre leichte Schmelzbarkeit. Die meisten Harze brauchen zum Flüssigwerden eine Hitze, die etwas höher ist als die des kochenden Wassers. Giesst man das geschmolzene Colophonium auf ein Brettchen, so läuft es breit und bildet nach dem Erstarren einen festen, glänzenden Ueberzug auf dem Holze. Hierdurch

werden die Harze sehr geeignet, um Holz oder Metall gegen das Eindringen von Luft oder Wasser zu schützen. Deswegen überzieht man eiserne Geländer und Beschläge mit einer Rinde von Pech, damit sie durch den Sauerstoff der Luft nicht so schnell oxydirt werden; deswegen verpicht man Weinflaschen und Bierfässer, damit in die Weinflaschen keine Luft, in die Fassdauben des Holzes kein Bier eindringe; deswegen streicht man das Holz der Schiffe, Thorwege, Stackete etc. mit Theer an, um das Eindringen des See- oder Regenwassers zu verhindern; deswegen endlich benutzt man auch das Harz, namentlich den festen und zähen Schellack, als Schutzmittel wider die Neugierde, in der Form von Siegellack.

Siegellack. *Versuch.* Man schmelze in einem Löffel 10 Grm. hellen Schellack und 2 Grm. Terpentin und rühre 2 Grm. Zinnober und 1 Grm. geschlämmte Kreide unter die flüssige Masse; kratzt man diese, während sie noch weich ist, heraus, so lässt sie sich zwischen den mit Wasser angefeuchteten Händen zu einer Stange ausrollen. Durch den Terpentin erhält das Siegellack eine leichtere Entzündlichkeit, durch den Zinnober die beliebte rothe Farbe. Andere Farben ertheilt man ihm durch Chromgelb, Lasurblau, Berggrün, Russ, Bronzepulver u. s. w.

752. Verbrennen der Harze. *Versuch.* Wird das Colophonium stärker erhitzt, als zum Schmelzen nöthig ist, so entzündet es sich und verbrennt mit leuchtender und russender Flamme, unter Zurücklassung von etwas Kohle. Daher giebt auch das Colophoniumpulver, in eine Lichtflamme geblasen, eine lebhafte Feuererscheinung. An manchen Orten macht man Leuchtgas daraus, indem man dasselbe in geschmolzenem Zustande auf Coaks tröpfeln lässt, die in einem eisernen Cylinder bis zum Glühen erhitzt worden sind (Harzgas).

Schwarzes Pech. Wird das brennende Colophonium durch ein darüber gedecktes Brettchen ausgelöscht, nachdem es einige Zeit gebrannt hat, so findet man als Rückstand ein schwarzes Brandharz, Schiffs- oder Schusterpech, bekannt genug wegen seiner grossen Zähigkeit; man stellt dasselbe auch durch Einkochen von Holztheer dar (577). Auf gleiche Weise verwandeln die Böttcher das gewöhnliche weisse Pech dadurch in

schwarzes, dass sie es eine kurze Zeit in den Fässern, die damit ausgepicht werden sollen, brennen lassen.

Kienruss. *Versuch.* Man halte über brennendes Kienholz eine aus Löschpapier zusammengerollte Papiertute in schräger Richtung: sie wird sich bald mit Russ überziehen. Im Grossen bereitet man sich den bekannten Kienruss nach einer ähnlichen Methode, nämlich durch Verbrennen von harzreichem Holz oder von Harz selbst bei unzureichendem Luftzutritte in Oefen, die mit langen Canälen oder einer Kammer verbunden sind, worin der Rauch beim Durchziehen seinen Kohlenstoff absetzt.

Räucherung durch Harze. *Versuch.* Wird etwas Bernsteingruss auf glühende Kohlen gestreut, so entwickelt sich daraus während des Verglimmens ein Dampf von angenehm balsamischem Geruch. Bernstein, Weihrauch, Benzoë und Mastix werden deshalb oft als Räuchermittel (Königsrauch) angewendet.

753. Electrophor. *Versuch.* Man reibe eine Stange Siegellack einige Minuten auf einem Tuchlappen und nähere sie dann einigen kleinen Schnitzeln von Löschpapier: diese werden in die Höhe hüpfen und einige Zeit an dem Siegellack hängen bleiben. Was dieses Anziehen bewirkt, ist Elektricität (Harz- oder negative Elektricität), die sich in den Harzen erzeugt, wenn man sie reibt, aber nicht weiter verbreitet, weil Harze Nichtleiter der Elektricität sind. Giesst man einen Blechteller mit einem Gemenge von Schellack und Colophonium aus, um eine grössere Harzfläche zu erhalten, so ist man im Stande, die Elektricität in Gestalt von Funken daraus auszuziehen und zu sammeln; ein solcher Harzkuchen wird deswegen Elektrophor (Elektricitätsträger) genannt. Ihren Namen erhielt diese geheimnissvolle Kraft von dem Bernstein, an dem man die elektrischen Erscheinungen zuerst bemerkte; der Bernstein heisst nämlich im Griechischen *elektron.*

754. Harze und Weingeist. *Versuch.* 10 Grm. Sandarak werden, in Papier eingepackt, mit einem Hammer zu kleineren Stücken zerschlagen, mit etwa 3 Grm. Sand, den man zuvor von dem feinen Pulver durch Schlämmen befreit und wieder vollständig getrocknet hat, gemengt, und in einem Gläschen mit 40 Grm. Alkohol übergossen. Das mit einer Blase überbundene

Gläschen bleibt einige Tage an einem warmen Orte stehen und wird während dieser Zeit öfters umgeschüttelt. Die erhaltene klare Harzlösung heisst Lackfirniss, weil sie, auf Metall, Holz oder Papier gestrichen, einen firnissartigen, glänzenden Ueberzug zurücklässt, nachdem der flüchtige Weingeist verdunstet ist. Uebergiesst man das Sandarakharz ohne Sand mit Weingeist, so backt das Harzpulver am Boden des Gefässes zu einem zähen Harzklumpen zusammen, der sich viel langsamer auflöst. Lackiren heisst also so viel als mit Harz überziehen. Durch diesen Harzüberzug bekommen die lackirten Gegenstäude nicht nur einen schönen Glanz, sondern sie werden zugleich undurchdringlich für Luft und Wasser. Sollen papierne Sachen, z. B. Zeichnungen, Landkarten etc., einen Lacküberzug erhalten, so muss man dieselben zuvor einige Male mit Leimwasser oder Gummilösung überstreichen, weil die Harzlösung sonst ins Innere des Papiers eindringt und dasselbe grau und durchscheinend macht, Bei Holzsachen verhindert man dieses Einsaugen gewöhnlich durch vorheriges Einreiben mit Leinöl. Kommt der Lackfirniss auf feuchte Stellen, so entstehen daselbst weisse, undurchsichtige Flecken, weil das Harz durch das Wasser als ein weisses, mattes Pulver ausgeschieden wird.

Schellack und Weingeist. *Versuch.* 10 Grm. Schellack werden auf die angegebene Weise in starkem Weingeist aufgelöst: man erhält eine trübe Flüssigkeit, weil in dem Schellack ausser dem Harze noch kleine Mengen von Wachs und Schleim zugegen sind, welche in der Harzlösung ungelöst umherschwimmen. Auch diese Lösung wird als Lackfirniss angewendet, viel häufiger aber als sogenannte Politur der Tischler, d. h. als eine Harzlösung, die man, mit einigen Tropfen Leinöl versetzt, so lange mit einem Ballen von Leinwand ununterbrochen auf dem Holze einreibt, bis der Weingeist verflogen ist. Man bekommt auf diese Weise einen noch ebeneren und feineren Harzspiegel, als durch blosses Aufstreichen, bei welchem letzteren die Pinselstriche häufig sichtbar bleiben. Feinere Meubles werden gewöhnlich polirt, ordinäre lackirt.

755. Harze und Oele. *Versuch.* 10 Grm. Dammarharz werden mit etwas Sand gemengt und mit 40 Grm. Terpentinöl übergossen: man erhält nach einigen Tagen eine fast vollständige

Auflösung, denn die flüchtigen Oele sind ebenfalls im Stande die Harze aufzulösen. Auch diese Lösungen werden oft als Lackirfirnisse angewendet; sie trocknen zwar langsamer, geben dafür aber einen zäheren, weniger leicht abspringenden Ueberzug als die spirituösen. Die helleren und feineren Arten von Lack stellt man hauptsächlich aus Bernstein, Copal, Dammar, Schellack, Sandarak und Mastix dar; die geringeren und dunkleren Sorten aus Bernsteincolophonium, gewöhnlichem Colophonium, Terpentin, Asphalt u. s. w. Durch Zusatz von Drachenblut und Gutti giebt man den hellen Lackfirnissen bisweilen eine gelbe Farbe (Goldlack).

In fetten Oelen sind die Harze gleichfalls löslich. Viele Salben und Pflaster der Pharmacie bestehen aus Gemengen von Fetten und Harzen, und diese letzteren sind es, welche den ersteren die Fähigkeit geben, auf der Haut festzukleben. Am häufigsten wird der Terpentin zu diesem Zwecke verwendet.

756. Harzseife. *Versuch.* Man koche in einem Töpfchen 10 Grm. Colophonium mit 40 Grm. starker Kali- oder Natronlauge und setze nach und nach theelöffelweise noch so viel Lauge hinzu, bis eine Probe davon sich in heissem Wasser zu einer klaren Flüssigkeit auflöst. Beim Erkalten erstarrt die Masse nun zu einer ziemlich festen Seife (harzsaures Kali oder Natron). Die Harze verhalten sich, wie schon früher bemerkt worden, gegen starke Basen wie schwache, den Fettsäuren ähnliche Säuren und finden deshalb gegenwärtig eine ausgebreitete Anwendung in der Seifensiederei, als Zusatzmaterialien zur Herstellung billiger Seifensorten.

Unlösliche Harzseife. *Versuch.* Man vermische eine Lösung von Harzseife mit einer Lösung von Alaun: es bildet sich eine unlösliche Verbindung von harzsaurer Thonerde. Auf diese Weise benutzt man die Harzseife zum Leimen des Maschinenpapiers, indem man zu dem Papierbrei, woraus das Blattpapier geformt werden soll, zuerst Harzseife, dann Alaunlösung schüttet. Es bildet sich dabei um jedes Papierfäserchen herum eine dünne Schicht von unlöslicher Thonerdeseife (harzsaurer Thonerde), die das Breitlaufen der Tinte verhindert. Nach der älteren Methode werden die bereits fertigen Bogen durch Leimwasser gezogen, wobei sich nur auf der Oberfläche eine

dünne Leimschicht bildet. Solches Papier lässt die Tinte breitlaufen, wenn man durch Radiren den Leimüberzug weggekratzt hat; man kann dies aber verhindern, wenn man auf der radirten Stelle etwas Harz, am besten Sandarak, breitreibt.

Gummiharze oder Schleimharze.

757. Milchsäfte. Schneidet man einen Stengel von Mohn, Salat, Schöllkraut oder Wolfsmilch durch, so dringt daraus eine weisse oder gelbe Milch hervor, die an der Luft oder durch Sonnenwärme zu einer gelben oder braunen, amorphen Masse eintrocknet. Dieser Milchsaft besteht aus einer Lösung von Gummi, Zucker, Schleim, Eiweiss etc. in Wasser, innig gemengt mit feinzertheilten Tröpfchen von Harzen, Kautschuk, Fetten, ätherischen Oelen etc., welche in Wasser unlöslich sind; er stellt also eine natürliche Emulsion dar. Nach den zuerst genannten Repräsentanten der löslichen und unlöslichen näheren Bestandtheile nennt man diese Art von getrockneten, halb harzigen, halb gummigen Pflanzensäften Gummiharze oder Schleimharze; ihr eigenthümlicher Geruch rührt von einem ätherischen Oel her. Besonders reich an solchem Michsaft sind viele Pflanzen der heissen Länder, und aus ihnen hauptsächlich erhält man die im Handel vorkommenden Gummiharze, die in der Pharmacie vielfache Anwendung finden. Mehre derselben sind so zähe, dass sie nur in starker Winterkälte zu Pulver gestossen werden können.

Zu den bekannteren Gummiharzen gehören folgende:

Ammoniak (Gummi Ammoniak), der eingetrocknete Milchsaft einer afrikanischen Doldenpflanze, gelblich oder braun, von starkem, eigenthümlichem Geruch und Geschmack.

Asa fötida (Teufelsdreck), der Saft einer persischen Doldenpflanze von höchst unangenehmem, knoblauchähnlichem Geruch, welcher von einem schwefelhaltigen ätherischen Oele herrührt; sieht auf frischem Bruche milchweiss aus, läuft aber an Luft und Licht rosenroth an.

Aloë, braun oder schwarz, als Pulver gelb, höchst bitter, von heftig purgirender (drastischer) Wirkung (Aloïn). Stellt den

aus den abgeschnittenen Blättern ausgetropften und an der Sonne eingetrockneten Saft verschiedener Aloëpflanzen dar, welche in reichlicher Menge auf dem Cap der guten Hoffnung und den umliegenden Inseln wachsen.

Euphorbium. bräunlichgelbe Körner, kommt von der afrikanischen Wolfsmilch und enthält einen sehr scharfen Stoff, demzufolge es auf der Haut Blasen zieht, und als Staub eingesogen Entzündung und das heftigste Niesen erregt.

Galbanum, gelbliche Körner oder braune, zähe Kuchen, stark und eigenthümlich riechend; wird aus einer immergrünen persischen Pflanze gewonnen.

Gutti (Gummi Gutti), röthlichgelbe Klumpen oder Stangen, wird aus dem gelben Milchsafte mehrerer Pflanzen Ostindiens erhalten und hauptsächlich als gelbe Wasserfarbe in der Malerei benutzt. Innerlich genommen wirkt es drastisch purgirend.

Myrrhe, die besseren Sorten in hellen, gelbbraunen, die geringeren in dunklen, rothbraunen Stücken, schmeckt bitter und riecht balsamisch; fliesst durch Einschnitte aus einem arabischen Baume aus.

Weihrauch (Olibanum), gelblichweisse, spröde getropfte Körner; der an der Luft erhärtete Saft eines persischen Baumes. Giebt auf glühenden Kohlen einen angenehmen Geruch: daher viel gebraucht als Räuchermittel.

Opium, ein im Orient durch Einschnitte aus unreifen Mohnköpfen ausgeflossener und an der Luft eingetrockneter Milchsaft; grosse Klumpen von schwarzbrauner Farbe, bitterem Geschmack und widerlich betäubendem Geruch. Die schlaferregenden und betäubenden Wirkungen desselben sind bekannt genug (s. Opium-Alkaloïde 783).

Lactucarium (Salatopium), braun und schwach opiumähnlich riechend, ist der eingetrocknete Milchsaft von *Lactuca virosa.*

Opoponax, Sagapenum Scammonium u. a. m.

758. Eigenschaften der Gummiharze. *Versuch.* Man zerreibe irgend eines dieser Gummiharze mit Wasser: das Gummi wird, nebst den sonstigen ähnlichen Stoffen, hierdurch aufgelöst, das Harz aufgeschwemmt; man erhält eine trübe,

milchartige Flüssigkeit (Emulsion). Kocht man diese einige Zeit, so backen die weich gewordenen Harztheilchen an einander und sondern sich als Klümpchen aus; die klar gewordene Flüssigkeit enthält nun nur noch das Gummi etc. in Auflösung.

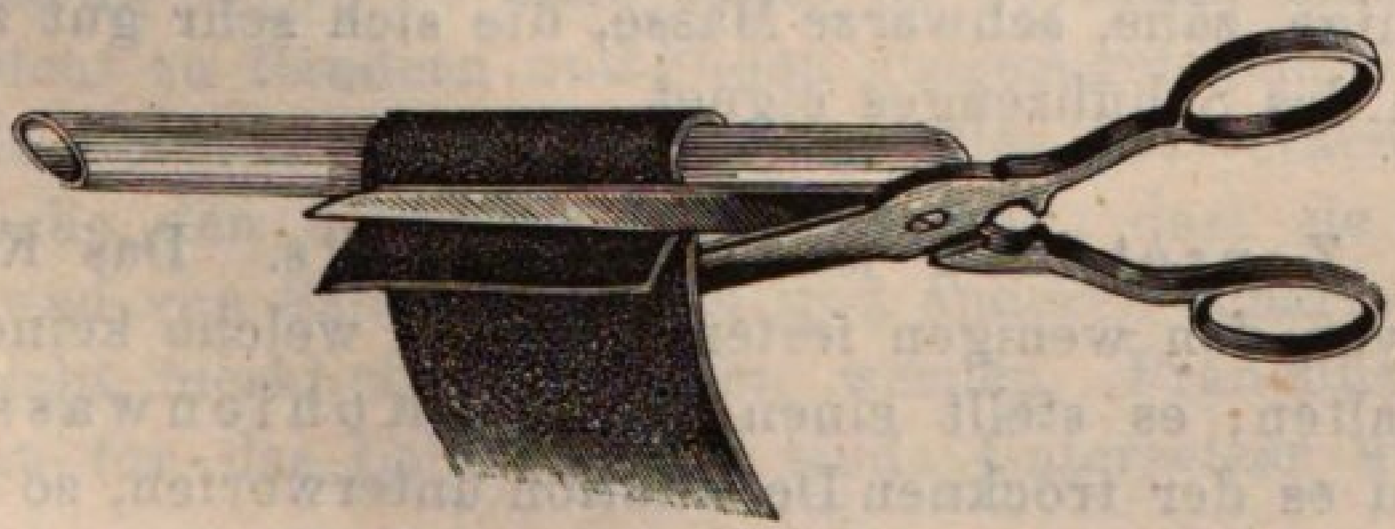
Versuch. Werden die Gummiharze mit starkem Weingeist übergossen und einige Zeit digerirt, so löst sich nur das Harz auf, während das Gummi etc. ungelöst zurückbleibt. Die bekannte Myrrhenessenz ist eine solche Auflösung der in der Myrrhe enthaltenen Harztheile in Weingeist.

Kautschuk (Gummi elasticum) und Gutta percha.

759. Kautschuk ist ein Kohlenwasserstoff, welcher als Milchsaft aus mehren amerikanischen Bäumen fliesst, wenn man deren Rinde und Bast durchschneidet, und an der Luft zu einer weissen, elastischen, in Wasser und Weingeist ganz unlöslichen Masse zu dem sogenannten Gummi elasticum oder Kautschuk eintrocknet. Schneller erfolgt das Trocknen, wenn man den Milchsaft auf hohle Thon- oder Lehmformen aufstreicht und letztere über freiem Feuer aufhängt. Entfernt man nach dem Trocknen den Thon oder Lehm durch Zerklopfen und Auswaschen, so erhält man hohle Gegenstände aus Kautschuk, die aber wegen des beigemengten Russes grau oder schwarz aussehen. Das zu compacten, dicken Massen ausgetrocknete Kautschuk führt den Namen „Speckgummi".

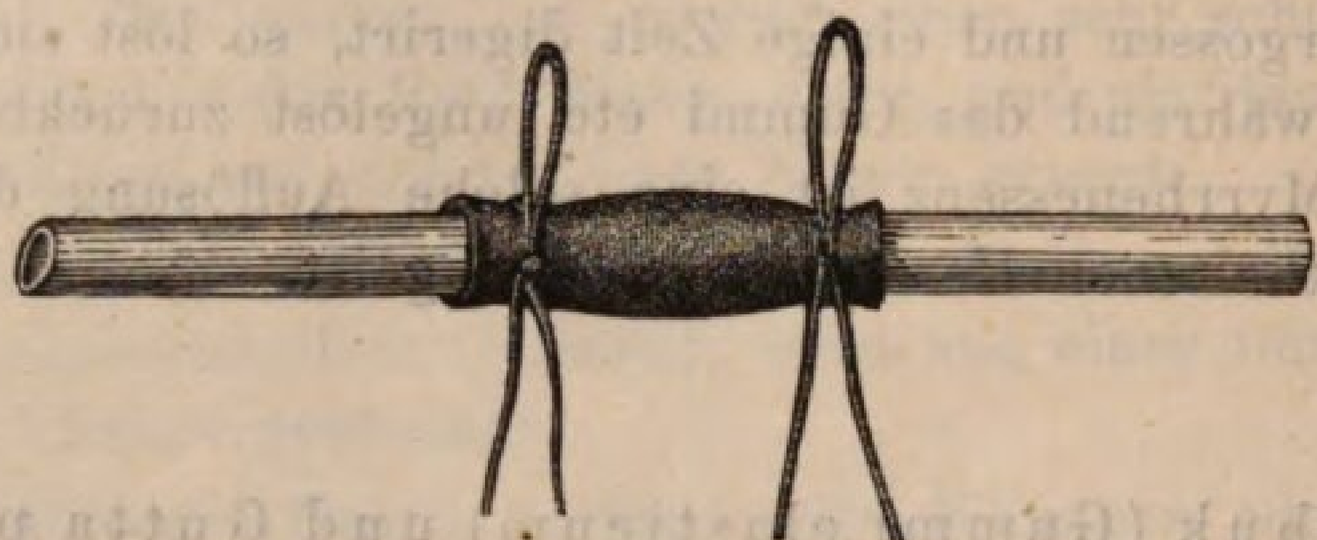
Kautschukröhren. *Versuch.* Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Kautschuk hart und steif, es wird aber weich, wenn es in heisses Wasser oder auf einen warmen Ofen gelegt wird. Man schneide sich aus einer durch Wärme erweichten dünnen

Fig. 203.



Kautschukflasche ein viereckiges Stück aus, lege dieses um die Enden zweier Glasröhren, und führe dann mit einer Scheere einen kräftigen Schnitt durch die beiden Endstreifen nach der in beistehender Figur angegebenen Richtung: die frisch durch-

Fig. 204.



schnittenen Flächen von Kautschuk kleben fest an einander (noch vollständiger, wenn man sie mit den Nägeln aneinander drückt, ohne jedoch die frische Schnittfläche zu berühren) und bilden eine Röhre, die, an beiden Enden festgebunden, die zwei Glasröhren luftdicht mit einander verbindet. Man macht auf diese Weise die bei chemischen Apparaten vorkommenden Glasröhren biegsam und beweglich und vermindert dadurch die leichte Zerbrechlichkeit derselben.

Kautschuklösung. *Versuch.* Man übergiesse etwas zerschnittenes Kautschuk mit Steinöl: es schwillt darin auf und kann dann zu einem gleichförmigen Brei zerrieben werden. Mit Schellack zusammengeschmolzen giebt dieser Brei einen sehr dauerhaften Kitt für Holz, Stein und Eisen (Schiffsleim). Auch in Aether erfolgt eine Aufquellung und partielle Auflösung des Kautschuks. Wird Kautschuk mit Chloroform, Terpentinöl, Steinkohlentheeröl oder Kautschuköl stehen gelassen, so erhält man nach und nach eine vollständige Auflösung. Auflösungen dieser Art werden jetzt häufig angewendet, um Zeuge wasserdicht zu machen (Macintosh). Mit Leinöl stark erhitzt, giebt es eine gleichförmige, zähe, schwarze Masse, die sich sehr gut zum Einschmieren des Schuhzeuges eignet.

760. Zersetzung des Kautschuks. Das Kautschuk ist einer von den wenigen festen Körpern, welche keinen Sauerstoff enthalten, es stellt einen festen Kohlenwasserstoff dar. Wird es der trocknen Destillation unterworfen, so erzeugen

sich daraus flüssige Kohlenwasserstoffe, welche sich zu einer brenzlichen Flüssigkeit (Kautschuköl) verdichten. In brennendes Licht gehalten, entzündet sich das Kautschuk und brennt mit lebhafter, russender Flamme, ähnlich wie Steinöl oder Terpentinöl; dabei schmilzt es zu einer schwarzen, schmierig bleibenden Masse zusammen. Dieses geschmolzene Kautschuk leistet gute Dienste, um das Festkleben von Glasstöpseln in Gläsern, worin Lauge etc. aufbewahrt wird, zu verhindern, da der dünn damit bestrichene Stöpsel dann lange schlüpfrig bleibt.

761. Vulcanisirtes Kautschuk. Einen überaus hohen Grad von Elasticität, welche sich auch in der Kälte nicht vermindert, erlangt das Kautschuk durch inniges Vermengen mit Schwefel, entweder durch anhaltendes Zusammenkneten damit in der Hitze, oder durch Behandlung mit Chlorschwefel oder einer Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff. Das so dargestellte, etwa 10 Proc. Schwefel enthaltende, vulcanisirte Kautschuk findet die mannigfachste Anwendung für technische, chirurgische und andere Zwecke. Zu chemischem Gebrauche verarbeitet man es zu Röhren, Platten, Fäden, Stöpseln, tubulirten und luftdichten Verschlüssen. Durch Einkneten von mehr Schwefel, Kreide etc. geht es in eine schwarze, hornähnliche, in der Wärme formbare, harte Masse (Ebonit) über, welche vielfach zu Kämmen, Knöpfen, Federhaltern, Stockgriffen u. A. verarbeitet wird.

762. Gutta percha. Unter diesem Namen kommt eine ebenfalls nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehende, röthlichbraune, kautschukähnliche Substanz im Handel vor, welche aus dem Milchsafte mehrerer ostindischer Bäume gewonnen wird. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichem Kautschuk dadurch, dass sie durch gelindes Erhitzen, z. B. durch Kochen in Wasser, ganz weich und plastisch, nach dem Erkalten aber hart und hornartig wird; sie kann daher in weichem, erhitztem Zustande leicht zu Bändern und Fäden ausgezogen oder durch Einpressen in Formen zu Geräthschaften aller Art verarbeitet werden, welche den doppelten Vorzug haben, dass sie nicht zerbrechen und von Säuren, Laugen und anderen scharfen Flüssigkeiten nicht merklich angegriffen werden. Brauchbare Sachen dieser Art für das Laboratorium sind: Untersetzer und Deckel

für Säureflaschen, Säuretrichter, Hähne, Wassereimer und andere mehr. Die in Platten ausgewalzte und in Streifen geschnittene Gutta percha wird jetzt vielfach zu Treibriemen statt der Riemen von Leder benutzt. Sollen Stücken davon mit einander verbunden werden, so bestreicht man sie mit einem heissen Eisen, wodurch sie oberflächlich in Schmelzung gerathen, und presst sie dann fest zusammen, bis sie erkaltet sind. Wasser, Weingeist und Aether lösen die Gutta percha nicht, wohl aber Schwefelkohlenstoff und Chloroform; eine Lösung in der letzteren Flüssigkeit lässt sich, wie Collodium, als Heftpflaster anwenden. Durch Erhitzen löst sie sich auch in Terpentinöl auf.

Rückblick auf die Fette, flüchtigen Oele und Harze.

1) Die Fette, flüchtigen Oele und Harze gehören zu den sehr allgemein verbreiteten Stoffen des Pflanzenreiches; die Fette verhalten sich wie salzähnliche Verbindungen, die Harze wie Säuren, die ätherischen Oele tragen keinen bestimmten gemeinsamen Charakter.

2) Wie sie in der Natur vorkommen, sind die Gemenge von mehren einander ähnlichen Substanzen, nämlich:

a) die **Fette**: Gemenge von festen (Stearin, Palmitin) und flüssigen Fetten (Oleïn, Olin);

b) die flüchtigen Oele: Gemenge von festem Stearopten und flüssigem Elaeopten;

c) die Harze: Gemenge von mehren verschiedenen Harzarten oder Harzsäuren (Alpha-, Beta-, Gamma-Harz etc.).

3) Ihrer Elementarzusammensetzung nach bestehen sie nur aus den bekannten drei Grundstoffen: Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff; bezeichnend aber für sie ist, dass sie immer **arm an Sauerstoff und reich an Kohlenstoff und Wasserstoff** sind. (Einige flüchtige Oele etc. enthalten gar keinen Sauerstoff [Kohlenwasserstoffe], andere enthalten Schwefel.)

4) Wegen des Vorherrschens von Wasserstoff

a) brennen sie erhitzt mit lebhafter Flamme und geben bei der Zersetzung durch Glühhitze viel brennbares Gas;

b) sind sie meist so leicht, dass sie auf Wasser schwimmen;

c) lösen sie sich nur in Flüssigkeiten auf, die ebenfalls reich an Wasserstoff sind, z. B. in Alkohol und Aether, nicht aber im Wasser.

5) Sie sind entweder flüssig oder werden es leicht, schon bei geringer Erhitzung.

6) Die Fette der Thiere haben mit den Pflanzenfetten eine ganz gleiche Zusammensetzung.

7) Durch Zuführung von Sauerstoff werden manche Fettarten fest und hart (Firnissöle), andere dagegen ranzig, ohne zu erhärten (Schmieröle.)

8) Durch starke unorganische Basen werden die Fettarten in eigenthümliche, in Wasser unlösliche Säuren (Fettsäuren) und in eine lösliche organische Basis (Glycerin oder Glyceryloxyd) getrennt. Die abgeschiedenen fetten Säuren verbinden sich hierbei mit den unorganischen Basen zu Seifen. Die Alkalien bilden mit den fetten Säuren Seifen, welche sich in Wasser auflösen; die Oxyde der Erden und Metalle dagegen geben Seifen, die vom Wasser nicht gelöst werden.

9) Die einfachen Fette (Stearin, Palmitin, Oleïn etc.) sind sonach salzähnliche Verbindungen von verschiedenen fetten Säuren mit der gleichen Basis Glyceryloxyd (Glyceride). Sie können aber auch, da sich das Glycerin wie eine Alkoholart verhält (722), als Aetherarten angesehen werden.

10) Die Fettsäuren schliessen sich den einfacher zusammengesetzten Säuren, welche durch Oxydation der Alkohole entstehen, als natürliche Glieder einer homologen Reihe an (690.) In diesem weiteren Sinne rechnet man auch die letzten Säuren zu den Fettsäuren oder zur Reihe der fetten Säuren.

11) Die flüchtigen Oele gehen durch Zuführung von Sauerstoff in Harze, oft auch zugleich in Säuren über.

12) Die Harze zeigen zum Sauerstoff keine grosse Affinität, mindestens verändern sie sich nicht, wenn sie auch lange an der Luft liegen.

13) Viele Harze vereinigen sich mit den Alkalien, ähnlich wie die Fettsäuren, zu im Wasser löslichen, mit Erden und Metalloxyden zu unlöslichen, seifenähnlichen Verbindungen (Harzseifen).

14) Balsame und Terpentine sind Gemenge von Harzen mit flüchtigen Oelen; Schleim- oder Gummiharze Gemenge von Harzen mit gummiähnlichen, in Wasser löslichen Stoffen.

XIX. Glycoside und Bitterstoffe.

763. Extracte. Die bisher betrachteten natürlichen Pflanzenstoffe sind, wenn man die flüchtigen Oele und einige Harze ausnimmt, meistens ohne Geschmack und ohne auffallende medicinische Wirkung: die meisten derselben kommen sehr allgemein verbreitet im Pflanzenreiche vor und sind fast in allen Pflanzen anzutreffen. Nun bemerken wir aber an vielen Pflanzen einen eigenthümlichen Geschmack und, wenn sie eingenommen werden, eine eigenthümliche Wirkung auf unseren Körper, es müssen also noch eigenthümliche Stoffe darin enthalten sein, von denen Geschmack und Wirkung herrühren. Wermuth und Rhabarber schmecken bitter, Pfeffer und Bilsenkraut beissend und scharf, Quecken- und Süssholzwurzel süss; in den Magen gebracht, wirkt Wermuth magenstärkend, Rhabarber abführend, Pfeffer reizend, Bilsenkraut betäubend u. s. w. Diese und ähnliche Beobachtungen mussten schon in frühen Zeiten zu Versuchen anregen, diese schmeckenden und medicinisch wirksamen Stoffe aus den Pflanzen herauszuziehen (zu extrahiren), um sie als Heilmittel zu benutzen. Das Ausziehen geschah auf die einfachste Weise: bei saftreichen Pflanzentheilen durch Auspressen, bei trockneren durch Uebergiessen mit kaltem Wasser (Maceration), oder mit heissem (Infusion), oder durch längeres Kochen damit (Decoction). Da die Pflanzensäfte oder Auszüge aber bald sauer oder schimmlich wurden, so verdampfte man das Wasser, und erhielt auf diese Weise daraus eine brei- oder teigartige, oder bei vollständiger Austrocknung eine feste, amorphe Masse, die mit dem Namen Extract (wässeriges) bezeichnet wurde und sich nun Jahre lang unverändert und unzersetzt aufbewahren liess. Zuweilen wendete man auch Weingeist oder Aether statt des Wassers als Auflösungsmittel an (spirituöse und ätherische

Extracte). Viele dieser Extracte werden noch immer in den Apotheken als Heilmittel vorräthig gehalten und man hat oft in 1 Grm. davon eben so viele wirksame Stoffe als in 20, 40 oder noch mehr Grammen des Pflanzenstoffs, aus dem es dargestellt wurde. Die dunkle Farbe der Extracte erklärt sich aus der leichten Zersetzbarkeit der Pflanzenstoffe; bei längerer Einwirkung einer höheren Temperatur und des Sauerstoffs der Luft erzeugen sich, ähnlich wie bei der Verwesung, humusartige Verbindungen, und Hand in Hand damit geht gewöhnlich auch eine Geschmacksänderung. Der bekannte Lakritzensaft ist Süssholzwurzel-Extract; er giebt mit Wasser eine schwarzbraune Lösung von anderem Geschmack als der frische, weingelbe Aufguss von Süssholzwurzel, aus dem er durch Abdampfen entstanden. Bei den als Arzneimittel benutzten Extracten nimmt man das Abdampfen daher im Wasserbade, noch besser unter der Luftpumpe vor.

764. Extractivstoffe. Aus dem Früheren ist bekannt, dass die meisten Pflanzensäfte bald grössere, bald geringere Mengen von Stärke (Satzmehl), Schleim, Gummi, Zucker, Gerbstoff, Chlorophyll, Pflanzeneiweiss, Salzen, Säuren etc. enthalten; es ist daher natürlich, dass alle diese Stoffe, da sie beim Verdampfen sich nicht verflüchtigen, auch in den wässerigen Extracten zugegen sein müssen. Ebenso ist es klar, dass in den spirituösen und ätherischen Extracten alle diejenigen Stoffe vorhanden sein werden, welche aus den betreffenden Pflanzenstoffen durch diese beiden Flüssigkeiten aufgelöst werden können, z. B. Harze, Fette u. s. w. Die Extracte sind hiernach als Gemenge der verschiedenartigsten Pflanzenstoffe anzusehen, als Gemenge von bekannten Pflanzenstoffen mit unbekannten, von schmeckenden mit geschmacklosen, von wirksamen mit wirkungslosen, von ungefärbten mit gefärbten etc.

Bei näherer Untersuchung der Pflanzensäfte oder Auszüge fand man, dass zuletzt, nachdem man die bekannten Stoffe, wie Stärke, Zucker, Eiweiss etc., daraus entfernt hatte, gewöhnlich eine braune oder schwarze, unkrystallisirbare, lösliche Masse übrig blieb, die in der Regel den Geschmack und die medicinische Wirkung der Pflanze in verstärktem Grade zeigte, aus der man sie gewonnen hatte. Diese Masse nannte man Extractiv-

stoff, und unterschied nach den Eigenschaften: bittere (in Wermuth, Bitterklee, Aloë, Coloquinten etc.), aromatisch bittere (im Kalmus, Hopfen etc.), kratzende (in der Senegawurzel, Seifenwurzel etc.), süsse (in der Süssholzwurzel und Queckenwurzel), narkotische (im Schierling, Bilsenkraut etc.) und andere Extractivstoffe. Wie man sieht, war der Name überaus bequem, da er für alle die zahllosen, nicht genauer untersuchten Pflanzenstoffe passte, die eine dunkle Farbe besassen und nicht krystallisirbar waren, mochten sie auch eine noch so verschiedene chemische Zusammensetzung haben. Wie gross diese Verschiedenheit sein kann, lässt sich schon daraus abnehmen, dass die meisten Pflanzenstoffe, z. B. Zucker, Gummi, wenn sie längere Zeit gekocht oder auch nur der Luft ausgesetzt werden, in braune, unkrystallisirbare Verbindungen übergehen.

765. Isolirte Extractivstoffe. Den fortgesetzten Forschungen der Chemiker ist es gelungen, viele solche eigenthümliche Pflanzenstoffe in krystallinischer Gestalt, also als unzweifelhaft bestimmte und selbständige Verbindungen, andere zwar nur pulverig oder extractartig, aber doch als annähernd reine und feste Verbindungen darzustellen. Von diesen verhalten sich manche den unorganischen Basen (Kali, Natron, Ammoniak etc.) überaus ähnlich, sie sind nämlich im Stande, Säuren zu neutralisiren und damit Salze zu bilden; dies sind die organischen Basen (XXI). Andere verhalten sich als Säuren, noch andere, und zwar die meisten, als indifferente, also weder basische noch saure Verbindungen; diese pflegte man, wenn sie einen bitteren Geschmack hatten, Bitterstoffe, wenn sie gefärbt waren oder in farbige Verbindungen umgewandelt werden konnten, Farbstoffe oder Pigmente zu nennen (XX). So unwissenschaftlich eine solche Eintheilung ist, so kann sie doch als Nothbehelf so lange festgehalten werden, bis man das chemische Naturell und die innere Constitution dieser Körper näher erforscht und daraus ein besseres Classificationsprincip abgeleitet haben wird. Der Anfang hierzu ist dadurch gemacht, dass man bei einer grösseren Anzahl derselben die gemeinsame Eigenthümlichkeit, unter besonderen Umständen in Zucker und einen neuen Körper zu zerfallen, entdeckte und unter der Bezeichnung Glycoside zusammenfasste. Sie bilden mit den Bitterstoffen den

Inhalt des gegenwärtigen Abschnittes. Die Zahl der bis jetzt bekannten Pflanzen übersteigt 100,000, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass in den meisten derselben besondere eigenthümliche Stoffe anzutreffen sind; also ein hübsches Feld zu neuen Entdeckungen!

Glycoside.

766. Die gemeinsame Aehnlichkeit der hier in eine Gruppe zusammengefassten eigenthümlichen Pflanzenstoffe besteht darin, dass dieselben sich durch Säuren, Alkalien oder Fermente in Zucker — meistens Traubenzucker oder Glycose — und andere Stoffe eigenthümlicher Art spalten lassen. Man bezeichnete sie daher auch als „gepaarte Zuckerverbindungen“, indessen enthalten sie keinen fertigen Zucker, sondern dieser erzeugt sich erst während der Zersetzung, gewöhnlich unter Bindung von Wasser. Die meisten Glycoside verhalten sich als indifferente Körper, doch haben manche derselben auch ein saures oder basisches Naturell. Gleiches gilt von den Spaltungsproducten, welche sich neben dem Zucker bilden. Eine besondere Gruppe derselben bilden, ihrer Familienähnlichkeiten halber, die Gerbsäuren oder Gerbstoffe.

767. Die bekannteren Glycoside sind:

Aesculin (Schillerstoff), $\mathrm{C_{15}H_{16}O_9}$, aus der Rinde der Rosskastanien und anderer Bäume; farblose Nadeln, die in kleinster Menge in Wasser gelöst dieses stark blauschillernd machen, (Fluorescenz); durch Säuren spaltbar in Aesculetin und Zucker.

Amygdalin, $\mathrm{C_{20}H_{27}NO_{11}}$, aus den bitteren Mandeln, schwach bitter, in seidenglänzenden Schuppen krystallisirbar; sehr merkwürdig dadurch, dass es durch verdünnte Säuren, wie durch eine eigenthümliche Gährung in Bittermandelöl, Blausäure und Zucker zerfällt. Eine solche Gährung wird durch das als Ferment wirkende, eiweissähnliche Emulsin der bitteren Mandeln hervorgerufen, wenn man sie, zerstossen, mit Wasser einige Zeit stehen lässt. Destillirt man die Masse nachher, so gehen Bittermandelöl und Blausäure mit dem Wasser über (Bittermandelwasser, Kirschlorbeerwasser, 726).

Myronsäure, $C_{10}H_{19}NS_2O_{10}$, aus dem schwarzen Senfsamen, seidenglänzende Nadeln; zerfällt, in ähnlicher Weise wie das Amygdalin, durch eine eigenthümliche Gährung in Senföl und Zucker. So bildet sich das Senföl, wenn man den zerstossenen schwarzen Senfsamen mit Wasser einige Zeit in Berührung lässt (Senfteig). Als Ferment wirkt in diesem Falle das in diesem Samen enthaltene Myrosin.

Populin, aus den Blättern und der Rinde der Zitterpappel, süss, in farblosen Nadeln krystallisirbar; durch verdünnte Säuren zerfällt es in Saliretin, Benzoësäure und Zucker, durch starke Basen in Benzoësäure und Salicin.

Phloridzin, aus der Rinde der Aepfel- und anderer Obstbäume, bitter, in seidenglänzenden Prismen krystallisirbar; zerfällt durch verdünnte Säuren in Phloretin und Zucker.

Salicin, $C_{13}H_{18}O_7$, aus der Weidenrinde, bitter, in farblosen prismatischen Krystallen; wird durch Schwefelsäure intensiv roth; zerfällt durch verdünnte Säuren in einen harzartigen Körper, Saliretin, und Zucker, durch Einwirkung von Speichel oder Mandelemulsin aber in Saligenin und Zucker.

Saponin, $C_{32}H_{54}O_{18}$, oder Senegin, aus der Seifen- und Senegawurzel, eine farblose, amorphe Masse von kratzendem Geschmack; als Staub Niesen erregend; macht grosse Mengen von Wasser stark schäumend und zerfällt durch Kochen mit Säuren in Chinovin (ein eigenthümlicher Bitterstoff der Chinarinden) und Zucker.

Solanin, $C_{43}H_{71}NO_{16}$, in mehren Solanumarten, vorzüglich in den jungen, weissen Kartoffelkeimen; farblose Krystallchen, bitter, schwach basisch, narkotisch-giftig, doch nicht so stark, als man bisher glaubte; durch verdünnte Säuren spaltbar in Solanidin und Zucker.

Noch gehören hierher: Arbutin, aus den Blättern der Bärentraube; Convolvulin und Jalappin, aus der Jalappenwurzel; Daphnin, aus der Seidelbastrinde; Digitalin, aus dem Fingerhutkraut; Fraxin, aus der Eschenrinde; Glycyrrhizin, aus der Süssholzwurzel; Helleborin, aus der grünen und schwarzen Niesswurzel; Ononin, aus der Wurzel der Hauhechel und andere. Auch von den Bitterstoffen und Farbstoffen gehören einige zu den Glycosiden.

Die meisten Glycoside bestehen aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff; Amygdalin und Solanin enthalten aber auch noch Stickstoff und die Myronsäure Stickstoff und Schwefel in chemischer Verbindung.

Gerbsäuren oder Gerbstoffe.

768. Gerbsäuren. Gerbsäuren (Gerbstoff, Tannin) nennt man im Allgemeinen die ungemein häufig in den Pflanzen, besonders in den Rinden der Bäume, verbreiteten Stoffe, welche diesen den bekannten herben und zusammenziehenden Geschmack ertheilen. Man hat sie als schwache Säuren anzusehen, weil sie sauer reagiren und im Stande sind, sich mit Basen zu verbinden. Die meisten derselben lassen sich durch Säuren in Zucker und andere organische Verbindungen spalten und deshalb zählt man sie jetzt zu den Glycosiden. Sie sind in Wasser und Weingeist löslich, und gehen mit Leim und leimgebenden Gebilden unlösliche Verbindungen ein; Leimlösung wird deshalb durch sie gefällt und thierische Haut in Leder umgewandelt oder gegerbt. Ebenso geben sie mit Eisenoxyd unlösliche, meist blauschwarze oder grüne Verbindungen. Nach den Pflanzen, in welchen sie vorkommen, pflegt man zu unterscheiden: Gallusgerbsäure, Catechu-, China-, Kaffeegerbsäure, Pinitannsäure etc. Am genauesten gekannt ist die erste, der Galläpfel-Gerbstoff.

769. Gallusgerbsäure oder Tannin, $\text{Θ}_{14}H_{10}\text{Θ}_9$. Diese Säure findet sich besonders reichlich in den gewöhnlichen und den sogenannten chinesischen Galläpfeln, dem Sumach oder Schmack und anderen. In reinem Zustande bildet sie eine farblose amorphe Masse, die sich sehr leicht in Wasser und Weingeist auflöst. In der Galläpfeltinctur (655) macht sie den Hauptbestandtheil aus. Zwei Eigenschaften sind es hauptsächlich, welche diese Gerbsäure charakterisiren und zu einem für's gewerbliche Leben überaus wichtigen Körper gestempelt haben:

a) Sie giebt mit Eisenoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag von gerbsaurem Eisenoxyd (405) und wird deshalb allgemein zum Grau- und Schwarzfärben von Zeugen aller Art, zur Bereitung von Tinte etc. angewendet.

b) Weiter verbindet sie sich, wie auch die anderen Arten von Gerbsäure, mit der thierischen Haut zu einer im Wasser unlöslichen, der Fäulniss nicht mehr unterworfenen Verbindung, zu Leder; daher der Name Gerbstoff; daher die ausgedehnte Benutzung der gerbstoffhaltigen Pflanzentheile (Eichen-, Fichten-, Birkenrinde etc.) in den Lohgerbereien. Die alkalischen Salze saugen, gelöst, begierig Sauerstoff ein und färben sich roth und braun. Durch Kochen mit verdünnten Säuren spaltet diese Gerbsäure sich in Zucker und Gallussäure.

Die in der Eichenrinde neben der Gallussäure enthaltene Eichenrindengerbsäure erfährt durch verdünnte Säuren eine Spaltung in Zucker und Eichenroth, ähnlich wie die Chinagerbsäure der Chinarinden, welche bei gleicher Behandlung in Zucker und Chinaroth zerfällt.

Zu den Gerbsäuren gehören ferner: die Catechusäure und Catechugerbsäure, die Kinogerbsäure, die Moringerbsäure (776), die Ratanhiagerbsäure, die Kaffeegerbsäure und andere.

770. Gallussäure, $\Theta_7H_6\Theta_5$. Bleibt eine Auflösung von Gallusgerbsäure lange Zeit an der Luft stehen, so verwandelt sich die letztere in Gallussäure; ebenso, wie nur bemerkt, durch Einwirkung verdünnter Säuren. Die Gallussäure ist in weissen Nadeln oder Säulen krystallisirbar; ihre Lösung giebt, wie die der Gerbsäure, mit Eisenoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag, wirkt aber nicht gerbend auf die Thierhaut; auf Gold- und Silberlösung wirkt sie reducirend und scheidet die Metalle regulinisch daraus ab. Bis zum Schmelzen erhitzt, spaltet sie sich in Kohlensäure und Pyrogallussäure.

Pyrogallussäure, $\Theta_6H_6\Theta_3$, krystallisirt bei der Sublimation der Gallussäure, wie des Galläpfel-Gerbstoffs, in glänzenden Blättern. Sie besitzt die Eigenschaft, in alkalischer Lösung Sauerstoff einzusaugen, sowie Gold- und Silbersalze zu reduciren, in noch weit höherem Grade als die Gallussäure und findet deshalb bei Gasanalysen wie in der Photographie Anwendung.

771. Gerbmaterialien. Als gerbstoffreiche Färbe- und Gerbmaterialien kommen hauptsächlich folgende im Handel vor:

a) Galläpfel. Sie entstehen auf den Eichenblättern durch den Stich eines Insectes. Die besten kommen aus Kleinasien

(Aleppische) und bestehen beinahe zur Hälfte aus Gerbsäure; geringhaltigere Sorten beziehen wir aus Italien und Ungarn (Knopern). Die an unsern Eichen wachsenden Galläpfel enthalten nur wenig Gerbsäure.

b) Chinesische Galläpfel, hohle, knollenartige, grau röthliche Pflanzengebilde (aus erhärtetem Baumsaft gebildete Blattlausblasen), die bis zu 70 Proc. Gerbsäure enthalten; bilden erst in neuerer Zeit einen Handelsartikel.

c) Catechu, das braune, trockne Extract der indischen Catechu-Acacie, wird jetzt sehr häufig in den Färbereien und Druckereien zur Erzeugung von braunen Farben, zuweilen auch zum Gerben von Häuten benutzt.

d) Kino, das braunschwarze Extract eines ostindischen Baumes.

e) Sumach oder Schmack, die gemahlenen Blätter mehrerer Rhus-Arten; sehr wichtig für die Färberei.

f) Divi-Divi, die Samenkapseln einer afrikanischen Pflanze.

g) Bablah, die Schoten einer ostindischen Mimosenart.

h) Granatschalen, Wallnussschalen etc. etc.

i) Baumrinden, als: von Eiche, Erle, Birke, Weide, Fichte etc.

Bitterstoffe.

772. Die meisten bitteren Pflanzen und Pflanzentheile enthalten besondere Stoffe, in welchen die Ursache ihres bitteren Geschmackes zu suchen ist. Mehre dieser Bitterstoffe sind bereits in reiner, krystallisirter Gestalt dargestellt, sie treten dann als indifferente, ternäre, aus C, H und O bestehende Verbindungen auf. Die in Wasser unlöslichen zeigen den bitteren Geschmack erst dann deutlich, wenn man sie in Weingeist, Aether etc. aufgelöst hat.

Die bekannteren Bitterstoffe sind:

Aloin, $\text{Θ}_{17}H_{18}\text{Θ}_7$, der purgirend wirkende Bestandtheil der Aloe; farblose Krystallnadeln, die anfangs süsslich, später sehr bitter schmecken.

Cantharidin, $C_5H_6O_2$, der blasenziehende Bestandtheil der spanischen Fliegen; farblose Krystallblättchen, in Wasser unlöslich, in Aether leicht löslich, sehr giftig (726).

Centaurin, aus dem Tausendgüldenkraute; bis jetzt nur als Extract bekannt.

Cetrarsäure, aus dem sogenannten isländischen Moose; feine weisse Nadeln von intensiv bitterem Geschmack.

Columbin, aus der Columbowurzel; farblose Prismen von intensiv bitterem Geschmack.

Gentianin oder Gentianasäure, aus der Enzianwurzel; geschmacklose Krystallnadeln, also nicht die Ursache des bitteren Geschmacks dieser Wurzel.

Imperatorin oder Peucedanin, aus der Meisterwurzel; zerfällt beim Kochen mit Alkalien in Angelikasäure und Oreoselin.

Pikrotoxin, aus den Kokkelskörnern; farblose Nadeln und Blättchen; äusserst bitter und betäubend-giftig.

Quassiin, aus dem Quassienholze; farblose, höchst bittere Krystallblättchen, die beim Schmelzen in eine harzähnliche Masse übergehen.

Santonin, $C_{15}H_{18}O_3$, oder Santonsäure, der wirksame Bestandtheil des Wurmsamens; sehr glänzende, farblose Prismen, welche am Lichte bald gelb werden und schwach bitter schmecken.

Noch gehören hierher: Athamantin, aus den Wurzeln und den Samen der Bergpetersilie; Anthiarin, einer der giftigen Bestandtheile des Upasgiftes; Betulin, aus der Birkenrinde (747); Helenin, aus der Alantwurzel; Larixin, aus der Rinde des Lärchenbaumes; Olivil, aus dem Gummi des Olivenbaumes; Scoparin, aus dem Besenpfriemenkraut; Smilacin, aus den Sarsaparillwurzeln und andere.

XX. Farbstoffe oder Pigmente.

773. Wenn die eigenthümlichen Stoffe, die man, ähnlich wie die im vorigen Abschnitte besprochenen Glycoside und Bitterstoffe, in gewissen Pflanzen antrifft und aus ihnen abscheidet, gefärbt sind oder durch Einwirkung anderer Stoffe farbig werden, so nennt man sie Farbstoffe oder Pigmente. Von den Farben der Blumen sind die meisten so überaus vergänglich, dass sie beim Welken und Trocknen derselben verblassen und vergehen; besonders schnell dann, wenn sie zugleich dem Sonnenlichte ausgesetzt werden (Verschiessen). Dasselbe geschieht, wenn man den färbenden Stoff durch Auspressen oder auf andere Weise auszuziehen oder abzuscheiden versucht. Einige wenige Pflanzen nur enthalten farbige Säfte von solcher Beständigkeit, dass sie vom Lichte schwieriger und langsamer zerlegt werden und sich ausziehen und dann zum Färben anderer Stoffe benutzen lassen. Durch Chlor oder schweflige Säure werden jedoch auch diese Farben in Weiss umgeändert (gebleicht). Das Ausziehen kann in den meisten Fällen durch Wasser, zuweilen auch durch Weingeist oder andere Flüssigkeiten bewirkt werden. Wie bei den Glycosiden und Bitterstoffen, so ist es auch bei mehren Farbmaterialien gelungen, den färbenden Stoff in krystallisirter Gestalt abzuscheiden; bei anderen dagegen kennt man ihn nur in der Form eines Extractes. Die Namen, welche man diesen Farbstoffen gegeben hat, endigen sich gleichfalls meistens in „in"; viele derselben verhalten sich wie schwache Säuren.

Rothe und violette Farbmaterialien.

774. Von den natürlich vorkommenden sind die bekannteren:

Krapp ist die gemahlene Wurzel der Färberröthe. Die frische Wurzel sieht gelb aus und enthält einen gelbrothen Farbstoff: Ruberythrinsäure oder Rubian, ein Glycosid, welches

durch ein in der Wurzel zugleich enthaltenes Ferment in Alizarin und Zucker zerfällt. Hierdurch färbt sich die Wurzel nach und nach roth und liefert nun das Material zur Herstellung ächter, rother Zeug- und Deckfarben, z. B. des brillanten Türkischroths, des Krapplacks u. a. Das Alizarin oder Krapproth, $C_{14}H_8O_4$, welches man jetzt aus Anthracen, $C_{14}H_{10}$, einem festen Kohlenwasserstoff des Steinkohlentheers, künstlich nachzubilden versteht, krystallisirt in gelbrothen Prismen, ist löslich in kochendem Wasser und wird durch Alaun mit schön rother Farbe aus der Lösung niedergeschlagen. Gleiches gilt von dem zweiten Farbstoff des Krapps, dem Purpurin, in welchen das Alizarin nach und nach übergeht. Der frische Krapp enthält Ruberythrinsäure, der ältere Ruberythrinsäure und Alizarin, der sehr alte Alizarin und Purpurin. Zur Erleichterung des Transportes und Beschleunigung der Alizarinbildung verkohlt man den Krapp häufig mittelst Schwefelsäure, welche den Farbstoff nicht angreift (Garancine).

Rothholz (Fernambuk- oder Brasilienspäne), das zerkleinerte Kernholz mehrer südamerikanischer Bäume, giebt auf Zeugen ein schönes, aber wenig dauerhaftes (unächtes) Roth. Weiterer Gebrauch zur Bereitung der rothen Tinte, des Kugel- oder Wienerlacks etc. Farbstoff: Brasilin, krystallisirbar in gelbrothen Nadeln, leicht löslich in Wasser.

Safflor, die Blüthen des wilden Safrans, werden zur Erzeugung eines prächtigen Rosenroths (Tassenroth) benutzt, welches in der Seidenfärberei und als Schminke Anwendung findet. Farbstoff: Carthamin, löslich in Wasser.

Die Alkannawurzel enthält in ihrer Rinde einen harzähnlichen, also in Wasser nicht löslichen Farbstoff (Anchusin), mit dem man Zeuge violett, Weingeist, Oele, z. B. Steinöl, und Fette, z. B. Lippenpomade, aber rosenroth färbt.

Sandelholz, das zu Pulver zermahlene, blutrothe Holz eines ostindischen Baumes, enthält ebenfalls einen rothen, in Weingeist löslichen Farbstoff, Santalin oder Santalsäure.

Die in vielen Früchten, z. B. Kirschen, Himbeeren etc., vorkommenden rothen Pigmente besitzen eine sehr geringe Dauerhaftigkeit und werden nur zum Färben von Esswaaren, Liqueuren etc. angewendet.

Die Cochenille ist ein getrocknetes Insect, das aus Mexiko zu uns gebracht wird. Aus ihm wird der bekannte rothe Carmin und Carminlack, in den Färbereien aber ein ausgezeichnetes Scharlach- und Purpurroth dargestellt. Farbstoff: Carminsäure, eine purpurrothe, amorphe Masse, welche durch verdünnte Säuren in Carminroth und Zucker gespalten wird.

Lac-Lac oder *Lac-dye*, eine schwarzrothe, harzige Masse, die bei der Bereitung des Schellacks (747) gewonnen wird, enthält einen der Carminsäure sehr ähnlichen, rothen Farbstoff.

775. Auf künstlichem Wege producirte rothe Farbmaterialien sind:

Anilinroth. Statt durch die theure Cochenille producirt man jetzt prachtvolle rothe und violette Farben, insbesondere auf Wolle und Seide, durch salzsaures und essigsaures Rosanilin und andere Verbindungen dieser merkwürdigen, aus dem Anilin des Steinkohlentheers künstlich erzeugten Basis (579).

Orseille und Persio. Diese gewöhnlich in Teigform, seltener als Pulver im Handel vorkommenden Färbemittel sind gleichfalls Kunstproducte, deren sich die Seidenfärberei zur Herstellung schöner rosarother und violetter Farben bedient. Sie werden aus mehreren unansehnlichen grauen Flechten, die in England, Frankreich und anderen Orten an Felsen wachsen, auf eigenthümliche Weise dargestellt, indem man diese, fein gemahlen, mit Urin an einem warmen Orte längere Zeit faulen lässt, bis sie eine Purpurfarbe angenommen haben. Farbstoff: Orceïn, ein braunes, stickstoffhaltiges Pulver, welches von Ammoniak und Alkalien mit schön violettrother Farbe gelöst wird. Die Bildung desselben aus den Flechten geht in zwei Acten vor sich. Die Flechten enthalten verschiedene eigenthümliche, stickstofffreie, farblose Säuren: Erythrinsäure, Orsellsäure, Orsellinsäure und andere, welche sich leicht zersetzen und als ein gemeinsames Zersetzungsproduct, neben anderen, Orcin liefern. Das Orcin, $\text{Є}_7H_8\text{Θ}_2$, krystallisirt in farblosen Prismen und ist ebenfalls stickstofffrei, es geht aber, bei Gegenwart von Ammoniak, Sauerstoff und Wasser, unter Stickstoffaufnahme, in Orceïn, $\text{Є}_7H_7N\text{Θ}_3$, über. Nachdem man diese Vorgänge und die Wirkungsweise des Ammoniaks erkannt, benutzt man zur Orseille-

bereitung direct ammoniakhaltiges Wasser, statt das Ammoniak durch Faulen von Urin entstehen zu lassen.

Gelbe Farbmaterialien.

776. Als solche kommen im Handel vor:

Gelbholz ist das zerkleinerte Stammholz eines in Westindien wachsenden Maulbeerbaumes. Farbstoff: Moringerbsäure oder Maclurin, ein gelbliches, krystallinisches Pulver, in Wasser leicht löslich.

Quercitron, ein nankinggelbes, mit zerrissenen Fasern gemengtes Pulver, wird von der Rinde der nordamerikanischen Färbereiche gewonnen. Farbstoff: Quercitrin, ein gelbes, krystallinisches Pulver, durch Säuren spaltbar in Quercitin und Zucker.

Kreuzbeeren, Persiche, oder Gelbbeeren, sind die unreif abgenommenen Früchte des in warmen Ländern wachsenden Kreuzdorns. Farbstoff: Chrysorhamnin und Xanthorhamnin. Die chinesischen Gelbbeeren enthalten Melin.

Wau wird die nach dem Abblühen getrocknete, wilde Resedapflanze genannt. Farbstoff: Luteolin, krystallisirbar in gelben Nadeln, in Wasser löslich.

Die vier erwähnten Farbmaterialien werden hauptsächlich zur Gelbfärberei benutzt; neuerdings auch die Pikrinsäure (580), das Anilingelb oder Chrysanilin und Anilinorange (579).

Orlean kommt als ein braunrother Teig vor, der aus den Früchten des Orleanbaumes dargestellt wird, und enthält zwei Farbstoffe, einen gelben und einen rothen. Der erstere löst sich auf, wenn man den Orlean mit Wasser kocht, der letztere beim Kochen desselben mit schwacher Lauge (Orellin).

Curcuma, die Wurzel einer amerikanischen Pflanze, ist sehr reich an einem harzigen, gelben Pigmente, welches durch Alkalien braunroth wird. Damit gefärbtes Papier kann deshalb, ebenso wie das rothe Lackmuspapier, zur Erkennung von Alkalien gebraucht werden. Farbstoff: Curcumin, eine amorphe, gelbe Masse.

Purrée, eine neuerdings aus China importirte gelbe Farbe, enthält Euxanthinsäure als Farbstoff und besteht in der Hauptsache aus euxanthinsaurer Magnesia.

Safran besteht aus den getrockneten Staubwegen der Crocusblume. Seine Anwendung zum Gelbfärben von Esswaaren und Liqueuren ist bekannt genug (Polychroit).

Grüne Farbmaterialien.

777. Blattgrün oder Chlorophyll. Dasselbe gehört zu den verbreitetsten Stoffen des Pflanzenreichs, da es in allen Pflanzentheilen vorkommt, welche eine grüne Farbe besitzen. So wie es in den mikroskopischen, grünen Chlorophyllkügelchen der Pflanzen angetroffen wird, ist es ein Gemenge von mehren noch nicht genau gekannten Farbstoffen, Proteïnstoffen und Wachs. Dass es vom Wasser nicht aufgelöst wird, bedarf kaum der Erwähnung, denn ausserdem müsste das Wasser grün werden, wenn es über Wiesen hinwegfliesst. Die ausgepressten Kräutersäfte sind zwar grün, man kann aber an ihrer Undurchsichtigkeit schon erkennen, dass das Blattgrün darin nur mechanisch mit der Flüssigkeit gemengt ist; noch deutlicher erfährt man dies durch das Ausscheiden desselben, wenn sie einmal aufgekocht werden oder einige Zeit ruhig stehen bleiben. Giesst man dagegen Weingeist, Aether oder dünne Lauge auf grüne Blätter, so erhält man grüne Auflösungen; daher haben auch alle aus Blättern oder Stengeln dargestellten Tincturen der Pharmacie eine grüne Farbe. Die grüne Farbe zeigt sich nur in den Pflanzentheilen, welche dem Lichte ausgesetzt sind; wir sehen daraus, dass die chemische Verbindung, welche wir Chlorophyll nennen, sich nur unter Mitwirkung des Lichtes erzeugt. Aus den Pflanzen abgeschieden, wird dieser Farbstoff sehr bald zersetzt; er eignet sich daher gar nicht dazu, um andere Körper, ausser etwa Liqueure und andere Flüssigkeiten, damit zu färben. Durch Behandlung mit starker Salzsäure und Aether trennt er sich in einen gelben Farbstoff (Phylloxanthin), der sich in Aether löst, und in einen blauen (Phyllocyanin), der von der Salzsäure aufgenommen wird. In den Blättern selbst wird das Blattgrün im Herbste, wahr-

scheinlich durch einen Oxydationsprocess, in Blattgelb- oder Blattroth umgeändert.

Saftgrün ist ein aus dem Safte der Kreuzbeeren mit Zusatz von Alaun dargestelltes Extract. Anilingrün s. 579.

Blaue Farbmaterialien.

778. Indigo. Mehre Pflanzen heisser Klimate enthalten einen farblosen Saft, aus dem sich beim Stehen an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff, ein blauer Schlamm absetzt, welcher nach dem Trocknen den bekannten Indigo darstellt. Man erhält diesen wissenschaftlich und technisch sehr wichtigen Körper im Handel gewöhnlich in schwarzblauen, lose zusammenhängenden Stücken, die beim Reiben mit dem Fingernagel einen kupferrothen Glanz annehmen. Der prächtig blaue Farbstoff desselben wird Indigblau (Indigotin) genannt; durch vorsichtige Sublimation lässt er sich in glänzenden, kupferfarbigen Prismen darstellen. Ausser diesem enthält der rohe Indigo noch andere fremdartige Stoffe, als: Indig-Leim, -Braun, -Roth etc.

Der Indigo ist in Wasser, Weingeist, Aether etc. ganz unauflöslich; unter den bekannteren Flüssigkeiten giebt es nur eine, die ihn aufzulösen vermag, die rauchende Schwefelsäure (213). Dabei vereinigt das Indigblau sich chemisch mit der Schwefelsäure zu einer blauen, in Wasser löslichen Verbindung, die den Namen Indigblauschwefelsäure (Sulfindigsäure) erhalten hat. Was wir Indigtinctur nennen, ist also der Hauptsache nach ein Gemenge von Wasser, Indigblauschwefelsäure und freier Schwefelsäure. Auf Zeugen stellt man in den Färbereien mit solcher Indiglösung das sogenannte sächsische Blau dar.

Die Indigblauschwefelsäure verbindet sich, ganz auf dieselbe Weise wie eine einfache Säure, mit Basen zu Salzen; man sah diese Verbindung daher als eine gepaarte an (568). Das bekannteste von diesen Salzen ist das indigblauschwefelsaure Kali (blauer Carmin), welches man als einen tiefblauen Niederschlag erhält, wenn die Indigschwefelsäure mit Kali neutralisirt wird. Der blaue Carmin ist zwar in reinem Wasser auflöslich, nicht aber in salzhaltigem.

Zersetzung des Indigos. Durch Einwirkung starker Agentien liefert der Indigo sehr verschiedene Zersetzungsproducte, welche das mannichfachste wissenschaftliche Interesse bieten. So erhält man aus ihm durch Salpetersäure, Chromsäure und andere Sauerstoff leicht abgebende Körper: **Isatin**, **Pikrinsäure** u. a.; so durch Behandlung mit Kali: **Anilin**, **Salicylsäure** u. a.; so durch Behandlung mit Chlor: **Chlorisatin**, **Chloranil** u. a.

Indigweiss. Auf eine andere Weise, als oben angegeben, gelangt man dahin, den Indigo löslich und zugleich farblos zu machen, wenn man ihn bei Gegenwart einer Basis mit Wasserstoff *in statu nascendi,* oder überhaupt mit reducirenden Körpern, z. B. mit Eisenoxydul, Zinnoxydul etc., zusammenbringt. Das Indigblau, $\Theta_{16}H_{10}N_2\Theta_2$, wird dann durch Aufnahme von Wasserstoff zu Indigweiss, $\Theta_{16}H_{12}N_2\Theta_2$.

Kalte Küpe. *Versuch.* Man reibe 1 Grm. feingepulverten Indigo mit 2 Grm. Eisenvitriol und 3 Grm. gelöschtem Kalk zusammen, schütte das Gemenge in ein Glas von circa 80 CC. Inhalt, das man nachher voll Wasser füllt und gut zustöpselt und lasse es einige Tage stehen: der Indigo verliert allmälig seine blaue Farbe und löst sich zu einer klaren, gelblichen Flüssigkeit auf. Der die Entfärbung bewirkende Körper ist das Eisenoxydul, welches durch den Kalk aus dem Eisenvitriol ausgeschieden wird. Dieses nimmt von einem Theil Wasser Sauerstoff auf, während der Wasserstoff des Wassers mit dem Indigblau zu Indigweiss zusammentritt, welches sich in Kalkwasser auflöst (in reinem Wasser ist es unlöslich). So wie die klare Flüssigkeit an die Luft kommt, zieht sie Sauerstoff an und wird blau, indem das Indigweiss durch Wasserstoffentziehung wieder in Indigblau übergeht. Taucht man ein Stückchen Fliesspapier in dieselbe, so zieht es sich voll Indiglösung, und wird beim Trocknen an der Luft erst grün, dann blau, und das entstandene Blau haftet ganz fest, da es nicht **auf**, sondern in den Fasern des Papiers festsitzt. In den Färbereien heisst eine solche Indiglösung **kalte Küpe**.

Warme Küpe. Ein **dritter** Weg, den Indig löslich zu machen, ist der, dass man ihn zu einem Gemenge von Kleie, Waid und Krapp etc. mit heissem Wasser bringt, welches (unter Zusatz von Pottasche und Kalk) in Gährung übergegangen ist. Die Gährung ist theilweise eine saure, theilweise eine faulige;

zum Verlauf beider Processe wird Sauerstoff gebraucht, welcher zum Theil von dem Wasser entnommen wird, dessen Wasserstoff, wie oben, an das Indigblau tritt. Das erzeugte Indigweiss löst sich in der alkalischen Flüssigkeit auf (warme Küpe).

Waid ist eine bei uns einheimische Pflanze, die einen durch Säuren oder Gährung in Indigblau übergehenden Farbstoff (Indican) enthält und deshalb in der Wollfärberei Verwendung findet.

779. Weitere blaue Farbmaterialien: Anilinblau und Anilinviolett s. 579.

Blauholz oder Campechenholz. Das unter diesen Namen vorkommende rothbraune Kernholz eines amerikanischen Baumes gehört zu den bekanntesten zum Blau-, Violett- und Schwarzfärben von Zeugen angewendeten Farbmaterialien. Auch das an Ort und Stelle daraus bereitete Extract bildet einen Handelsartikel. Farbstoff: Hämatoxylin, $C_{16}H_{14}O_6 + 3$ aq., in Wasser, Weingeist und Aether lösliche, gelbe Prismen von süsslichem Geschmack, welche von der geringsten Menge Ammoniak roth und später violett gefärbt werden, indem sich Hämateïn-Ammoniak bildet. Thonerde giebt damit eine violette, Eisenoxyd eine blauschwarze, unlösliche Verbindung (Copirtinte).

Lackmus. Die unter diesem Namen vorkommenden blauen Würfel werden, ähnlich wie die Orseille, aus gewissen Flechten durch Faulenlassen mit Urin, unter späterem Zusatz von Kalk, Pottasche u. a. dargestellt. Durch diese basischen Zusätze wird der erst erzeugte rothe Farbstoff in einen blauen umgewandelt, der in Wasser leicht löslich ist und zur Bereitung der Lackmustinctur und des blauen Probirpapieres (48), wie als blaue Kalkfarbe, Verwendung findet. Säuren stellen durch Neutralisation der ersteren die ursprüngliche rothe Farbe wieder her.

Versuche mit Farbstoffen.

780. In Weingeist lösliche Farbstoffe. *Versuch* a. Man schütte eine Messerspitze voll Sandelholz auf ein Filtrum und giesse Weingeist darüber: der ablaufende Weingeist hat eine

rothe Farbe und färbt, auf einen Holzspan gegossen, diesen intensiv blutroth. Die Tischler wenden eine solche Lösung häufig zum Färben (Beizen) von Möbeln an. Eine rosenrothe Farbe bekommt der Weingeist, wenn man in ihn ein wenig Rinde von der Alkannawurzel wirft. Wasser zieht weder aus dem einen noch aus dem anderen dieser Materialien das rothe Pigment aus. Solche nur in Weingeist lösliche Farbstoffe werden harzartige genannt.

In Wasser lösliche Farbstoffe. *Versuch* b. Man koche in einem Töpfchen 1) Gelbbeeren, 2) Rothholz und 3) Blauholz, jedes für sich, mit der zwölffachen Menge Wasser einige Zeit; die abgegossene Brühe wird bei 1. gelb, bei 2. röthlichgelb, bei 3. braunroth aussehen; Beweis genug, dass die in den gedachten Pflanzentheilen enthaltenen Parbstoffe sich in Wasser aufgelöst haben. Die Färber nennen solche Farbebrühen Flotten.

Lackfarben. *Versuch* c. Die erhaltenen Farbebrühen werden in zwei Hälften getheilt. In der einen Hälfte löse man in jedweder etwas Alaun auf und versetze die Lösung dann so lange mit einer Pottascheauflösung, als ein Niederschlag entsteht. Aus 365 ist schon bekannt, dass hierbei Thonerdehydrat, und mit diesem verbunden zugleich der Farbstoff sich niederschlägt, und dass man diese Niederschläge Lackfarben nennt. Der aus den Gelbbeeren gewonnene Lack kommt im Handel unter dem Namen Schüttgelb, der aus Rothholz dargestellte als Wiener- oder Kugellack vor.

Färben. *Versuch* d. Man bereite sich eine Lösung von Alaun (a), eine andere von Zinnsalz (b), eine dritte von Eisenvitriol (c), eine vierte von Pottasche (d), eine fünfte von Weinsäure (e), und tränke mit jeder ein Blatt von weissem Fliesspapier. Nach dem Trocknen wird jedes Blatt in drei Streifen zerschnitten und der eine davon mit Gelbholz-, der andere mit Rothholz-, der dritte mit Blauholzbrühe bestrichen und abermals getrocknet; man wird finden, dasss ein und derselbe Farbstoff auf jedem der fünf Papiere eine andere Farbe oder Farbennüance zeigt. Ganz unansehnlich wird die letztere erscheinen, wenn man blosses Fliesspapier mit den Farbebrühen bestreicht (f). Legt man nun die gefärbten und getrockneten Papiere in warmes Wasser, so wird sich aus den drei letzten Proben (d, e, f) die

Farbe grösstentheils wieder auflösen, nicht aber aus den ersteren (a, b, c).

Beizen. Solche Salze, welche, wie Alaun, Zinnsalz und Eisenvitriol, die Fähigkeit haben, mit den Farbstoffen unlösliche und in den Fasern der Zeuge festhaftende Verbindungen einzugehen, werden Beizen oder Mordants genannt und in den Färbereien und Druckereien allgemein angewendet, um die Pigmente auf den verschiedenen Stoffen, z. B. auf Seide, Wolle, Baumwolle, Leinen etc., zu fixiren. Was die Färbung bewirkt, ist eine unlösliche Lackfarbe, d. h. eine Verbindung des Farbstoffs mit Thonerde, Zinnoxyd oder Eisenoxyd, die aber, wenn sie festhaften soll, erst in den Poren der Faserstoffe gebildet werden muss. Bildet sie sich ausserhalb derselben, so bedeckt sie die Fasern nur äusserlich und haftet dann nur mechanisch auf denselben; eine solche Farbe lässt sich durch Reiben und Klopfen, sowie durch Waschen, von den Stoffen wieder entfernen.

Drucken. Auf gleiche Weise, wie beim Färben, verfährt man in der Zeugdruckerei, nur mit dem Unterschiede, dass man die Beizen hier nur stellenweise aufträgt, oder sie, dafern das Zeug im Ganzen gebeizt wurde, stellenweise wieder wegnimmt (262). Kommt ein so behandeltes Gewebe dann in Farbebrühen, so schlägt sich der Farbstoff nur an den gebeizten Stellen nieder und man erhält, statt einer ununterbrochenen, gleichmässigen, eine unterbrochene, gemusterte Färbung.

XXI. Natürliche Pflanzenbasen oder Alkaloïde.

781. Eigenschaften. In 765 wurde schon erwähnt, dass manche Pflanzen eigenthümliche Stoffe enthalten, die sich ähnlich wie die unorganischen Basen, mit Säuren zu Salzen vereinigen können; man fasst diese zusammen unter dem Namen: natürliche Pflanzenbasen, zur Unterscheidung von den unzähligen organischen Basen, welche die neuere Chemie auf künst-

lichem Wege zu erzeugen gelehrt hat (789). Viele derselben zeigen auch, den Alkalien ähnlich, eine basische Reaction gegen rothes Probirpapier, daher die zweite Benennung: Alkaloïde. Wie die organischen Säuren sich zu den unorganischen Säuren verhalten, so verhalten sich die organischen Basen zu den unorganischen Basen: sie sind gewöhnlich aus vier Elementen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff), selten aus drei ohne Sauerstoff) zusammengesetzt (die unorganischen nur aus zwei Elementen); sie verkohlen und verbrennen in der Hitze (die unorganischen nicht); sie erleiden bei Gegenwart von Wasser und Wärme eine Zersetzung durch Fäulniss (die unorganischen nicht). Charakteristisch für sie ist, dass sie alle Stickstoff in ihrer Mischung enthalten; man hat sie deshalb früher für gepaarte Ammoniak- oder Amidverbindungen angesehen. Die sauerstofffreien Alkaloïde sind flüchtig, die sauerstoffhaltigen nichtflüchtig.

Löslichkeit der organischen Basen. Fast alle Basen dieser Art lösen sich schwer oder gar nicht in Wasser, leichter dagegen in Weingeist, Aether, Chloroform, Benzol etc.; diese Lösungen zeigen dann gewöhnlich einen sehr bittern Geschmack. Mit Säuren verbunden, als Salze, lösen sie sich in der Regel viel leichter in Wasser auf als in isolirtem Zustande. Durch Gerbsäure, Phosphormolybdänsäure, Platinchlorid und Quecksilberoxyd werden sie aus ihren Lösungen niedergeschlagen. Gerbsäurehaltende Flüssigkeiten, z. B. Galläpfeltinctur, Abkochungen von grünem Thee oder Eichenrinde, bilden daher wirksame Gegenmittel bei etwa durch sie veranlassten Vergiftungsfällen.

782. Vorkommen und Darstellung. Die meisten der bis jetzt bekannten Alkaloïde stammen von solchen Pflanzen her, die sich durch Giftigkeit oder doch durch eine besondere Heilkraft auszeichnen, und man kann annehmen, dass sie es vorzugsweise sind, welche diesen Pflanzen ihre giftigen oder medicinischen Wirkungen ertheilen. Viele davon gehören zu den allerheftigsten und gefährlichsten Giften, in sehr geringen Gaben aber zu den kräftigsten Heilmitteln.

Darstellung der Alkaloïde. In den Pflanzen trifft man die Alkaloïde in der Regel mit Pflanzensäuren verbunden an. Um

sie von diesen zu trennen und aus den Pflanzenstoffen auszuziehen, pflegt man die letzteren gewöhnlich mit Wasser und einer Säure zu übergiessen, die stärker ist als die Pflanzensäure und mit der Basis ein leichtlösliches Salz bildet (Salzsäure, Schwefelsäure etc.). Setzt man dann zu der sauren Lösung eine unorganische Basis (Kali, Ammoniak, Kalk, Magnesia etc.) hinzu, so wird die organische Basis ausgefällt. Ausser dieser Darstellungsart giebt es aber noch viele andere Bereitungsmethoden; sie sind sämmtlich umständlich und weitläufig, weil sich mit den Basen zugleich vielerlei andere Substanzen aus den Pflanzen ausziehen, die sich häufig genug nur durch mühsame Reinigungsoperationen entfernen lassen. Die flüchtigen Alkaloïde werden durch Destillation mit Kali- oder Natronlauge abgeschieden und dann mit den Wasserdämpfen verdichtet.

Nichtflüchtige Pflanzenbasen.

783. Opiumbasen. In dem Opium, dem eingetrockneten Milchsafte der grünen Samenkapseln des Mohns, wurde 1806 von Sertürner die erste Pflanzenbasis entdeckt und Morphin genannt. Spätere Forschungen haben noch viele andere Basen, ferner einen indifferenten Stoff (Meconin) und eine eigenthümliche Säure (Meconsäure) aus demselben abgeschieden.

Morphin, $C_{17}H_{19}NO_3 + aq.$, bildet farblose, glänzende Prismen, schmeckt schwach bitter, wirkt narkotisch giftig, in kleinen Gaben schlafmachend und sonst heilkräftig und wird daher für sich, oder als essigsaures oder salzsaures Salz, als Arzneimittel vielfach angewendet. Ebenso auch das Apomorphin, d. h. Morphin, welchem man 2 H und 1 O entzogen hat. Eisenchlorid färbt die Morphinlösungen schön dunkelblau. Nächst dem Morphin, nach dessen Menge man die Güte der Opiumsorten bestimmt (sie schwankt zwischen 8 bis 14 Proc.), kommt das Narcotin in grösserer Menge im Opium vor; in sehr kleiner nur die übrigen, allerseits krystallisirbaren Basen: Narceïn, Codeïn, Codamin, Thebaïn, Papaverin, Meconidin, Laudanin, Laudanosin, Protopin, Lanthopin und Cryptopin.

784. Chinabasen. In den in der Heilkunde benutzten Chinarinden kommen, neben Chinasäure, Chinagerbsäure und Chinaroth, zwei Alkaloïde vor, Chinin und Cinchonin, welche, zumal das erstere, sehr wichtige Arzneimittel geworden sind. Die Königsrinde enthält vorherrschend Chinin (2 bis 3 Proc.), die graue Chinarinde vorherrschend Cinchonin.

Chinin, $\Theta_{20}H_{24}N_2\Theta_2 + 3$ aq., pulverförmig, weiss, oder in seidenartig glänzenden Nadeln, von stark und nachhaltig bitterem Geschmack, bildet die Basis der Chininsalze, von denen das schwefelsaure Chinin, $2(\Theta_{20}H_{24}N_2\Theta_2)H_2S\Theta_4 + 7^1/_2$ aq., die verbreitetste medicinische Anwendung findet. Dasselbe kommt als eine weisse, lockere, aus zusammengehäuften, kurzen Nadeln bestehende Masse im Handel vor und ist sehr schwer löslich in Wasser; durch Zufügung von noch einmal soviel Schwefelsäure erhält man aber eine blau schillernde Lösung, indem sich saures schwefelsaures Chinin bildet.

Cinchonin krystallisirt in glänzenden Säulen, hat zwar grosse Aehnlichkeit mit dem Chinin und fast die gleiche Zusammensetzung ($\Theta_{20}H_{24}N_2\Theta$), steht ihm aber an heilkräftiger Wirkung erheblich nach.

Das harzartige, braune, bei der Chininbereitung gewonnene Chinoïdin enthält zwei andere, dem Chinin und Cinchonin isomere und wahrscheinlich aus diesen entstandene Basen: Chinidin und Cinchonidin.

785. Strychnosbasen. Die unter den Namen Krähenaugen und Ignatiusbohnen bekannten Samen von Pflanzen aus der Familie der Strychneen, wie das aus diesen angefertigte malaische Pfeilgift, enthalten zwei Alkaloïde: Strychnin und Brucin, ausgezeichnet durch ausserordentliche Giftigkeit und die Eigenschaft, Starrkrampf zu bewirken.

Strychnin, $\Theta_{21}H_{22}N_2\Theta_2$, farblose Säulen von unerträglich bitterem Geschmack, der auch die Salze desselben kennzeichnet. Von diesen ist das in farblosen Nadeln krystallisirende salpetersaure Strychnin das bekannteste, welches in Minimalgaben (bis höchstens zu 0,01 Grm.) als Arzneimittel Anwendung findet, bisher auch zum Vergiften von Füchsen, Ratten etc. benutzt werden durfte. Reibt man einen Tropfen Kaliumeisencyanid-

lösung und zwei Tropfen englischer Schwefelsäure in einem Porzellanschälchen durch einander und setzt der Mischung auch nur ein Stäubchen von Strychnin zu, so erscheint eine prachtvoll blaue Färbung, die bald in Violett und später in Roth übergeht und zur Erkennung und Unterscheidung des Strychnins von anderen Alkaloïden dient.

Brucin ist ein steter Begleiter des Strychnins und ihm sehr ähnlich, jedoch etwas weniger giftig. Durch starke Salpetersäure wird es roth gefärbt, Strychnin nicht.

786. Als sehr giftige Alkaloïde sind ferner anzuführen:

Atropin, aus der Belladonna und dem Stechapfel, in feinen weissen Krystallnadeln, von unangenehm bitterem und scharfem Geschmack; es erweitert unter allen narkotischen Giften die Pupille am stärksten, wenn es in die Augen gebracht wird.

Aconitin, aus dem Aconit oder Sturmhut, in dem es neben Aconitsäure vorkommt; ein weisses, körniges Pulver von scharfbitterem Geschmack (0,0012 Grm. tödteten einen Sperling).

Colchicin, aus der Zeitlose, sowie Emetin, aus der Ipecacuanha- oder Brechwurzel, erregen in kleinen Gaben eingenommen das heftigste Erbrechen.

Hyosyamin, aus dem Bilsenkraute, seidenglänzende Nadeln von scharfem, widrigem Geschmack; bewirkt, in die Augen gebracht, eine Erweiterung der Pupille, wie das Atropin.

Physostigmin, aus der Calabarbohne, eine gelbe, amorphe, geschmacklose Masse, äusserst giftig; bewirkt eine starke Zusammenziehung der Pupille.

Veratrin, aus der weissen Niesswurzel und dem Sabadillsamen, ein weisses, krystallinisches Pulver; heftiges Niesen erregend, wenn es in kleinster Menge, als Staub oder Lösung, in die Nase gelangt (0,004 Grm. tödteten eine Katze). In der weissen Niesswurzel kommt noch ein zweites Alkaloïd, Jervin, vor.

Coniïn und Nicotin siehe unten.

787. Als nicht giftige Alkaloïde sind noch zu erwähnen:

Asparagin, $C_4H_8N_2O_3$ + aq., im Spargel und den Keimen und jungen Stengeln vieler anderer Pflanzen, namentlich der Hülsenfrüchte, auch in den Runkelrüben; krystallisirt in ansehnlichen vierseitigen Säulen und verbindet sich nicht nur mit Säuren, sondern auch mit Basen und kann auch als eine Amidoverbindung der Aepfelsäure angesehen werden. Durch salpetrige Säure erfährt es eine Zersetzung in Aepfelsäure, Stickstoff und Wasser. Mit Alkalien oder Säuren erhitzt, verwandelt es sich in Asparaginsäure und Ammoniak, so beim sogenannten Scheiden des Rübensaftes mit Kalk (619), daher findet sich auch in der Rübenmelasse Asparaginsäure.

Berberin, aus der Berberitzenwurzel, Columbowurzel etc., in gelben Prismen von bitterem Geschmack; giebt mit Säuren gelbe, krystallisirbare Salze.

Caffeïn oder Theïn, aus den Kaffeebohnen und dem grünen, schwarzen und Paraguay-Thee, worin es neben Gerbsäure (Kaffeegerbsäure) vorkommt, in langen, zarten, seidenähnlichen Krystallnadeln, von schwach bitterem Geschmack. Das Caffeïn ist, wenn überhaupt, eine so schwache Basis, dass seine Verbindungen mit Säuren schon durch Wasser zerlegt werden.

Cocaïn, aus den in Südamerika als anregendes, kraftgebendes Genussmittel benutzten Cocablättern, in farblosen Prismen, von schwach bitterem Geschmack.

Piperin, aus dem weissen, schwarzen und langen Pfeffer, in farblosen Prismen, ohne Geruch und Geschmack; die weingeistige Lösung schmeckt jedoch scharf und pfefferartig, zweifelhafte oder doch sehr schwache Basis.

Theobromin, in den Cacaobohnen, ein weisses, krystallinisches Pulver von schwach bitterem Geschmack; ist dem Caffeïn homolog und in seinen Eigenschaften ihm sehr ähnlich.

Flüchtige Pflanzenbasen.

788. Von diesen sind nur wenige bekannt; sie haben ausser ihrer Flüchtigkeit noch das Gemeinsame, dass sie flüssig und destillirbar sind (776) und nur aus drei Elementen, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, bestehen. Zu ihnen gehören:

Coniin, $\Theta_8H_{15}N$, kommt in allen Theilen des Schierlings vor, am reichlichsten in den reifen Samen; eine farblose, ölähnliche Flüssigkeit von widrigem, durchdringendem, betäubendem Geruch und brennendem Geschmack; stark alkalisch reagirend und höchst giftig wirkend. In Wasser ist dasselbe schwer, in Weingeist leicht löslich. An der Luft zerlegt es sich, wie seine Salze, unter Braunwerden und Bildung von Ammoniak.

Nicotin, $\Theta_{10}H_{14}N_2$, aus den Tabacksblättern, mit deren Güte abnehmend. So hat man in ordinären Tabacksorten 6 bis 8 Proc., in feinem Havannataback nur 2 bis 3 Proc. gefunden. Eine ölartige, farblose, bei längerer Aufbewahrung sich bräunende, stark alkalische Flüssigkeit von brennendem Geschmack und schwachem, beim Erhitzen betäubendem Tabacksgeruch; höchst giftig (¼ Tropfen tödtete ein Kaninchen).

Sparteïn, aus dem Besenpfriemenkraut, ölartig, dickflüssig, farblos, stark alkalisch, von bitterem Geschmack und narkotischer Wirkung.

Künstliche organische Basen.

789. Von den durch den Lebensprocess im Pflanzenkörper gebildeten organischen Basen kann man bis jetzt noch keine künstlich nachbilden; man wird es können, wenn man die chemische Constitution derselben erst genauer erforscht hat. Dagegen ist man im Stande, neue organische Basen der verschiedensten Art auf künstlichem Wege hervorzubringen. So aus den natürlichen Alkaloïden selbst, wenn man diese (Chinin, Cinchonin, Strychnin) mit Kali destillirt; man erhält auf diese Weise die sogenannten Chinolinbasen, flüchtige, basische Flüssigkeiten, von denen einige mit denjenigen übereinkommen, welche sich bei der trocknen Destillation der Steinkohlen erzeugen und aus dem Steinkohlentheer abgeschieden worden sind (Pyridinbasen). Das Anilin ist eine der auf letzterem Wege gewonnenen Basen, das Toluidin eine zweite; aus beiden gemeinschaftlich entsteht durch oxydirende Substanzen das Rosanilin, deren Salze das herrliche Anilinroth liefern; Rosanilin hinwiederum tritt mit Aethyl und Phenyl zu neuen Basen zusammen, deren

Salze das sogenannte Anilinviolett und Anilinblau darstellen (579). Eine ganze Legion solcher Basen ist allein durch die Entdeckung zu Tage gekommen, dass die Alkoholradicale im Stande sind, von den Wasserstoffäquivalenten des Ammoniaks entweder eins, oder zwei, oder alle drei zu verdrängen und zu ersetzen (Aethylamin, Diäthylamin etc. 663).

Rückblick auf die Glycoside, Bitter- und Farbstoffe und Pflanzenbasen.

1) Ausser den allgemein verbreiteten Pflanzenstoffen kommen fast in jeder Pflanze noch eigenthümliche Stoffe vor, von denen in vielen Fällen die Wirkung, der Geschmack und die Farbe dieser Vegetabilien abhängen.

2) Gemengt mit mancherlei anderen Substanzen findet man diese eigenthümlichen Stoffe in den eingedickten Pflanzensäften oder -Auszügen, in den sogenannten Extracten.

3) Manche derselben sind stickstofffrei, andere stickstoffhaltig, noch andere zugleich schwefelhaltig.

4) Extractivstoffe pflegt man diejenigen darunter zu nennen, welche indifferent sind und keine hervorstechende Farbe besitzen;

5) Farbstoffe diejenigen, welche sich durch ein besonderes Färbevermögen auszeichnen; die Pflanzenfarben werden durch Chlor zerstört.

6) Die Farbstoffe zeigen eine grosse Affinität zu einigen Basen; namentlich zur Thonerde und zu den Oxyden des Eisens und Zinns, und bilden damit unlösliche gefärbte Verbindungen (Lackfarben); in der Färberei und Druckerei erzeugt man diese unlöslichen Niederschläge in den Fasern der Garne oder Zeuge.

7) Die Pflanzenbasen können sich, ähnlich wie Kali oder Natron, mit Säuren zu Salzen verbinden; viele derselben zeigen auch eine alkalische Reaction; die meisten sind schwer löslich in Wasser, aber leicht löslich in Weingeist.

8) Die Pflanzenbasen kommen hauptsächlich in solchen Pflanzen vor, welche sich durch besondere Giftigkeit oder Heilkraft auszeichnen. Viele davon gehören zu den heftigsten Giften.

9) Alle natürlichen Pflanzenbasen enthalten Stickstoff; sie und die künstlichen Stickstoffbasen verhalten sich wie Abkömmlinge oder Derivate des Ammoniaks.

XXII. Organische Säuren.

790. Die organischen Säuren finden sich viel häufiger und reichlicher in dem Pflanzenreiche, als die organischen Basen. Mehre derselben kommen frei oder als saure Salze vor; daher der saure Geschmack, den wir an so vielen Pflanzenstoffen, namentlich an den unreifen Früchten, wahrnehmen. Häufig sind sie auch vollständig durch Basen neutralisirt, oder auch unlöslich, z. B. in den Harzen und Fetten, und in diesen beiden Fällen verrathen sie sich nicht durch den Geschmack. Ausser diesen natürlich vorkommenden Säuren sind noch sehr viele bekannt geworden, die man auf künstliche Weise aus anderen nicht sauren Pflanzenstoffen erzeugen kann; so stellt man aus Holz Essigsäure und Humussäure, aus Zucker Oxalsäure und Ameisensäure, aus Gummi Schleimsäure, Weinsäure etc., aus Weingeist Essigsäure, aus Fuselgeist Baldriansäure dar und andere mehr. Die allgemeinen Eigenschaften dieser Säuren sind schon früher (252 und flg.) angeführt worden.

791. Von den organischen Säuren sind die folgenden schon im Vorhergehenden, theils bei den Naturproducten, in welchen sie vorkommen, theils bei den Verbindungen, aus denen sie erzeugt werden, zur Betrachtung gelangt:

Weinsäure, als Gattungsbeispiel 253, in Verbindung mit Basen 292. 441. 522. Beim Schmelzen verwandelt sie sich in zwei isomere Säuren, Meta- und Isoweinsäure; bei der trocknen Destillation zerfällt sie in Brenzweinsäure und andere.

Die gewöhnliche Weinsäure lenkt die Ebene des polarisirten Lichtes rechts ab, Rechtsweinsäure; eine isomere Modifica-

tion derselben dreht dagegen das polarisirte Licht links, Linksweinsäure. Beide vereinigt geben Traubensäure, welche auf den polarisirten Lichtstrahl gar nicht einwirkt. Die Traubensäure kommt im Safte mancher Weintrauben mit der Weinsäure gemeinschaftlich vor; sie krystallisirt, wie diese, in farblosen, sehr sauer schmeckenden, rhombischen Prismen.

Oxalsäure, als Gattungsbeispiel 258, bei Cellulose 569, bei Stärke und Zucker 612, 624, bei dem Aethylenalkohol 666; in Verbindung mit Basen 294. Durch verschiedene Zersetzungsoperationen kann sie in Ameisensäure, Essigsäure, Glycolsäure und andere übergeführt werden.

Essigsäure, als Gattungsbeispiel 263, durch Platinschwarz 491, durch Chromsäure 511, aus Pflanzenfaser 572, aus Weingeist 667. Aus ihr lassen sich durch Zerlegung, Substitution etc. mannichfache neue Säuren herstellen.

Carbolsäure und Pikrinsäure, bei dem Steinkohlentheer, 580.

Humussäuren, bei der Pflanzenfaser 585.

Milchsäure, bei dem Stärkemehl 600, beim Milchzucker 627, bei der Milchsäuregährung 677.

Schleimsäure, bei dem Gummi und Pflanzenschleim 612, 614.

Pectinsäuren, bei dem Pectin 615.

Ameisensäure, beim Zucker 621, bei den Methylverbindungen 685.

Glycolsäure, bei dem Aethylenalkohol 666.

Aethylschwefelsäure, bei der Aetherbildung 658.

Buttersäure, bei der Milchsäuregährung 679, bei den Fettsäuren (718),

Baldriansäure, bei den Amylverbindungen 687.

Stearinsäure und andere Fettsäuren, bei den Fetten 715.

Acrylsäure, bei dem Glycerin 720.

Säuren in und aus ätherischen Oelen, 725.

Säuren in und aus Harzen, 746.

Myronsäure, Gerbsäuren, Gallussäure etc., bei den Glycosiden 767, 770.

Cetrarsäure, Gentianasäure, Santonsäure, bei den Bitterstoffen 772.

Ruberythrinsäure, Carminsäure, Orsellsäure und andere, bei den Farbstoffen 773.

Chinasäure, Meconsäure, Asparaginsäure und andere bei den Alkaloïden 781.

792. Von den anderweiten organischen Säuren mögen die folgenden hier noch eine Stelle finden. Die ersten zwei, Aepfelsäure und Citronensäure, gehören zu den sehr verbreiteten Säuren, sie sind es insbesondere, welche, nebst der Weinsäure, den sauren Geschmack des unreifen Obstes und vieler anderer Früchte veranlassen.

Aepfelsäure, $C_8H_6O_{10}$ oder $2HO, C_8H_4O_8$ ($Θ_4H_6Θ_5$), findet sich, ausser in sauren Aepfeln, unreifen Stachelbeeren, in den Vogelbeeren (Früchte der Eberesche) in reichlicher Menge und lässt sich aus dem Safte der letzteren am leichtesten darstellen. Sie ist zerfliesslich und daher schwer krystallisirbar. Beim Erhitzen verwandelt sie sich in Fumarsäure, die im Erdrauch natürlich vorkommt, und Wasser; durch Gährung und auf anderen Wegen lässt sie sich in Bernsteinsäure, durch oxydirende Mittel in Malonsäure überführen.

Citronensäure, $C_{12}H_8O_{14}$ oder $3HO, C_{12}H_5O_{11}$ ($Θ_6H_8Θ_7$), findet sich frei in dem Safte der Citronen, ausserdem auch in den Johannis- und Stachelbeeren und vielen anderen Früchten. Durch Abdampfen des Citronensaftes erhält man nur ein saures, braunes Extract, weil alle übrigen, nichtflüchtigen Bestandtheile des ersteren mit zurückbleiben; neutralisirt man aber den Saft mit Kreide, so fällt schwer löslicher, citronensaurer Kalk nieder, während die fremdartigen Stoffe gösstentheils aufgelöst bleiben. Aus dem citronensauren Kalk erhält man durch Zersetzung mit verdünnter Schwefelsäure Gyps und eine Lösung von Citronensäure, die beim Abdampfen farblose, säulenförmige Krystalle liefert. Eine Mischung der angenehm sauer schmeckenden Citronensäure (oder auch Weinsäure) mit Zucker ist unter dem Namen Limonadenpulver bekannt. Durch gelindes Schmelzen geht die Citronensäure in Aconitsäure über, eine Säure, die man natürlich im Sturmhut, Rittersporn und Schachtelhalm findet und in höherer Temperatur sich weiter in Itaconsäure und Citraconsäure zersetzt.

Bernsteinsäure, $C_8H_6O_8$ oder $2HO, C_8H_4O_6$ ($\Theta_4H_6\Theta_4$), kommt im Bernstein und einigen Braunkohlen vor, wie auch in einzelnen Pflanzen und gewissen thierischen Flüssigkeiten; ausserdem bildet sie sich bei der Gährung von Aepfelsäure, bei der Gährung von Zucker (636), bei der Oxydation der Fette durch Salpetersäure etc. Sonst bereitete man sie allgemein durch trockne Destillation von Bernstein, wobei sie sich verflüchtigt; jetzt gewinnt man sie auch aus dem Safte der Vogelbeeren durch Gährung. Sie bildet farblose Prismen, die erhitzt schmelzen, kochen und unter Bildung von Husten erregenden Dämpfen verfliegen. Die Dämpfe bestehen aus wasserfreier Bernsteinsäure (Anhydrid) und Wasser. Bernsteinsäure und bernsteinsaures Ammoniak werden als Arzneimittel benutzt.

Gruppe der aromatischen Säuren.

793. Benzoësäure, $C_{14}H_6O_4$ oder $HO, C_{14}H_5O_3$ ($\Theta_7H_6\Theta_2$), findet sich fertig gebildet im Benzoëharz, Storax, Perubalsam, in der Vanille, im Waldmeister und Ruchgras und anderen, bildet sich aber auch auf mannichfache Weise bei chemischen Vorgängen, so aus dem Bittermandelöl durch freiwillige Sauerstoffaufnahme bei längerer Aufbewahrung (725) so durch Oxydation von Zimmtöl, Toluol und gewissen Benzolverbindungen, durch Spaltung von Populin (767) durch Zersetzung der Hippursäure u. a. m. Am gewöhnlichsten stellt man sie durch vorsichtige Sublimation des Benzoëharzes dar; neuerdings auch aus gefaultem Pferdeurin (Hippursäure). Die sublimirte hat die Form glänzender Blättchen, die aus Lösungen krystallisirte bildet weisse, farblose Nadeln. Erhitzt schmilzt, kocht und verdampft sie und liefert dabei Dämpfe, welche zum Husten reizen. Eingenommen wird sie in Hippursäure verwandelt und mit dem Urin aus dem Körper wieder abgeschieden. Destillirt man die Benzoësäure mit gebranntem Kalk, so erhält man Benzol, $C_{12}H_6$ (578). Der Kohlenwasserstoff, $C_{14}H_7$ (Benzyl), verhält sich, dem Aethyl ähnlich, wie ein Alkoholradical und giebt mit O Benzyläther, mit O, HO Benzylalkohol. Durch Entziehung von 2 H geht der letztere in Benzoylaldehyd (Bittermandelöl) und dieser durch Zufuhr von 2 O in Benzoylsäure oder Benzoësäure über, ganz in derselben

Weise wie der Aethylalkohol unter gleichen Verhältnissen in Acetaldehyd und Acetylsäure oder Essigsäure übergeführt wird.

794. Andere Säuren dieser Gruppe sind:

Zimmtsäure, $C_9H_8O_2$, kommt als Zimmtsäure-Benzyläther im Peru- und Tolubalsam und als Zimmtaldehyd im Zimmtöl vor; letzteres oxydirt sich nach und nach zu Zimmtsäure, die sich in farb- und geruchlosen Nadeln abscheidet. Sie verhält sich der Benzoësäure sehr ähnlich und verwandelt sich, mit Kalihydrat erhitzt, in diese und Essigsäure, durch concentrirte Salpetersäure in Bittermandelöl und Benzoësäure.

Salicylsäure, $C_7H_6O_3$, krystallinisch, und Salicylaldehyd- oder salicylige Säure, $C_7H_6O_2$, ölartig, stehen der Benzoësäure sehr nahe und kommen in dem Gaultheriaöl und verschiedenen Spiräaarten vor, auch lassen sie sich aus dem Salicin durch Oxydation darstellen. Die Salicylsäure hat neuerdings als Antiseptikum, d. h. als ein Mittel, Gährung und Fäulniss aufzuhalten, vielfache Anwendung in der Heilkunde, zu äusserlichem und innerlichem Gebrauche, gefunden, und die grössere Nachfrage hat dahin geführt, das Phenol, C_6H_6O, in Salicylsäure umzuändern, indem man Natrium und Kohlensäure auf dasselbe einwirken lässt.

Cumarsäure, $C_9H_8O_3$ und Melilotsäure, $C_9H_{10}O_3$, kommen natürlich in den Steinkleearten vor und werden künstlich aus dem Cumarin erzeugt. Das Cumarin, $C_9H_6O_2$, bildet den wohlriechenden Stoff der Melilotusarten, des Waldmeisters (Maitrank), des Ruchgrases und der Tonkabohnen; aus den letzteren kann es durch Ausziehen mit Weingeist und Abdampfen in farblosen, aromatisch riechenden Prismen erhalten, auch aus Salicin oder Salicylaldehyd dargestellt werden.

Die Benzoë-, Zimmt-, Salicyl- und Cumarsäure pflegt man unter dem Collectivnamen „aromatische Säuren" zusammenzufassen. Zu ihnen gehören noch: die Anissäure, Cuminsäure, Thymotinsäure, Kaffeesäure, Eugetinsäure, Sinapinsäure und andere.

Neuere Constitutionsformeln der bekannteren organischen Säuren.

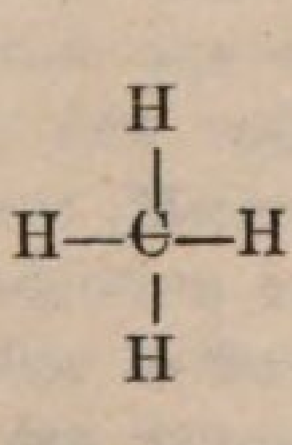
(OH = Hydroxyl, CO = Carbonyl, $CO\,.\,OH$ = Carboxyl.)

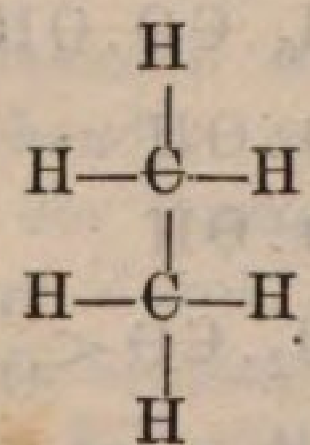
Ameisensäure	$\left.\begin{matrix}H\\CHO\end{matrix}\right\}O = H.CO.OH$
Essigsäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_2H_3O\end{matrix}\right\}O = CH_3.CO.OH$
Acrylsäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_3H_3O\end{matrix}\right\}O = C_2H_3.CO.OH$
Propionsäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_3H_5O\end{matrix}\right\}O = C_2H_5.CO.OH$
Buttersäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_4H_7O\end{matrix}\right\}O = C_3H_7.CO.OH$
Valeriansäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_5H_9O\end{matrix}\right\}O = C_4H_9.CO.OH$
Capronsäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_6H_{11}O\end{matrix}\right\}O = C_5H_{11}.CO.OH$
Stearinsäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_{18}H_{35}O\end{matrix}\right\}O = C_{17}H_{35}.CO.OH$
Benzoësäure	$\left.\begin{matrix}H\\C_7H_5O\end{matrix}\right\}O = C_6H_5.CO.OH$
Oxalsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_2O_2\end{matrix}\right\}O_2 = \begin{matrix}CO.OH\\\vert\\CO.OH\end{matrix}$
Glycolsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_2H_2O\end{matrix}\right\}O_2 = CH_2.CO<\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}$
Milchsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_3H_4O\end{matrix}\right\}O_2 = \begin{matrix}C_2H_4\\OH\end{matrix}>CO.OH$
Bernsteinsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_4H_4O_2\end{matrix}\right\}O_2 = C_2H_4<\begin{matrix}CO.OH\\CO.OH\end{matrix}$
Apfelsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_4H_4O_3\end{matrix}\right\}O_2 = \begin{matrix}CH(OH).CO.OH\\CH_2\quad\;\, .CO.OH\end{matrix}$
Weinsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_4H_4O_4\end{matrix}\right\}O_2 = \begin{matrix}CH(OH).CO.OH\\CH(OH).CO.OH\end{matrix}$
Salicylsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\C_7H_4O\end{matrix}\right\}O_2 = \begin{matrix}C_6H_4\\OH\end{matrix}>CO.OH$

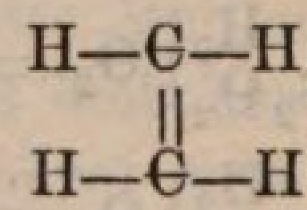
Citronensäure	$\left.\begin{matrix}H_3\\ C_6H_5\Theta_4\end{matrix}\right\}\Theta_3 = \begin{matrix}C_3H_4\\ \Theta H\end{matrix}{>}(C\Theta.\Theta H)_3$
Pikrinsäure	$\left.\begin{matrix}H\\ C_6H_2.3N\Theta_2\end{matrix}\right\}\Theta = C_6H_2(N\Theta_2)_3.\Theta H$
Asparaginsäure	$\left.\begin{matrix}H_2\\ C_4H_3\Theta_2.NH_2\end{matrix}\right\}\Theta_2 = \begin{matrix}CH(NH_2).C\Theta.\Theta H\\ \mid \\ CH\quad\quad .C\Theta.\Theta H\end{matrix}$

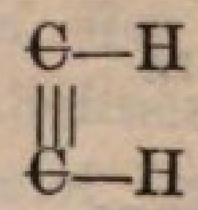
Schlussbemerkungen über die Constitutionsformeln.

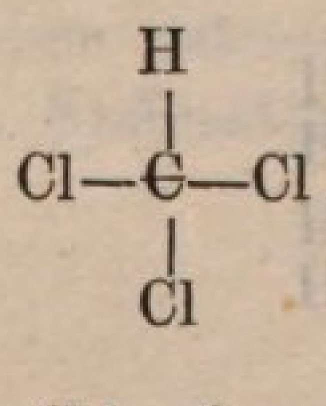
In der organischen Chemie ist es mehr und mehr zur dringenden Nothwendigkeit geworden, dass die Schreibweise der chemischen Formeln eine tiefere Einsicht in den muthmasslichen Aufbau der Elementaratome zu Molecülen gewährt. Die Lehre von der Werthigkeit dient hierbei hauptsächlich als Leitfaden. Die grosse Mannigfaltigkeit der Verbindungsverhältnisse ist hiernach hauptsächlich durch die Vierwerthigkeit des Kohlenstoffs bedingt und durch die den Kohlenstoffatomen in hervorragender Weise zukommende Fähigkeit, unter sich selbst Verbindungen einzugehen (vergl. 551). Folgende Beispiele von sogenannten „aufgelösten Formeln" sollen diese Verhältnisse noch mehr verdeutlichen:

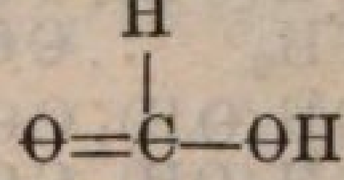

Methylwasserstoff oder Sumpfgas

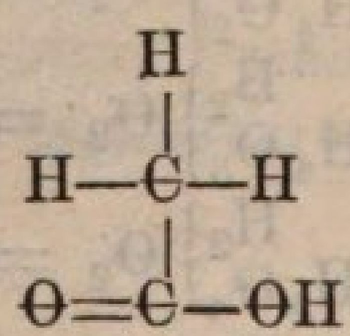

Aethylwasserstoff oder Methylgas

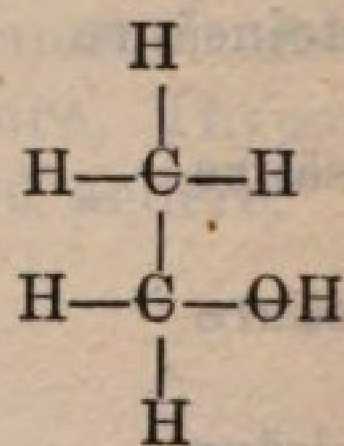

Aethylen oder ölbildendes Gas


Acetylen


Chloroform


Ameisensäure


Essigsäure


Alkohol

Um für den gewöhnlichen Gebrauch Formeln zu haben, welche kurz und übersichtlich ausser der Elementarzusammensetzung auch die innere Struktur andeuten, pflegt man jetzt gewöhnlich die auf Grund der Erfahrung in einer Verbindung angenommenen Atomgruppen einfach nebeneinander zu stellen. So schreibt man z. B. die Essigsäure $ȻH_3ȻΘ\ ΘH$ und giebt dadurch zu erkennen, dass darin 1 Atom Carbonyl ($ȻΘ$) einerseits mit 1 Atom Methyl ($ȻH_3$) und anderseits mit 1 Atom Hydroxyl ($ΘH$) verbunden anzunehmen ist. Das Hydroxyl ist nach der neueren Anschauung in allen Basen und Säuren enthalten und bewirkt durch die leichte Substituirbarkeit seines Wasserstoffs durch andere Radicale die Salzbildung. Dass ferner auch Methyl und Carbonyl, das Radical der Kohlensäure, in der Essigsäure vorhanden sein muss, ist durch viele Thatsachen erwiesen (vergl. 673).

In entsprechender Weise ergiebt sich die Formel für

Alkohol	$\left.\begin{matrix}ȻH_3\\H_2\end{matrix}\right\}ȻΘH$
Aldehyd	$\left.\begin{matrix}ȻH_3\\H\end{matrix}\right\}ȻΘ$
Aceton	$\left.\begin{matrix}ȻH_3\\ȻH_3\end{matrix}\right\}ȻΘ$
Essigäther	$\left.\begin{matrix}ȻH_3\\H_2\end{matrix}\right\}ȻΘ.ȻΘ.ȻH_3$

Alle Verbindungen, deren Formel bei dieser Schreibweise mit Hydroxyl abschliesst, sind fähig Salze oder salzähnliche Producte zu bilden und die Zahl der am Ende stehenden Hydroxylatome deutet stets die Sättigungscapacität an. Es können aber in einer Verbindung auch Hydroxylatome an solcher Stelle für Wasserstoff eingetreten sein, dass dadurch die Sättigungscapacität nicht alterirt wird und die Formel führt dieselben dann nicht am Ende, sondern an der Stelle auf, wo sonst der substituirte Wasserstoff stehen müsste. So enthält z. B. die Aepfelsäure 3 und die Weinsäure 4 Hydroxylatome und doch sind beide nur zweibasig und es kann ihnen durch die reducirende Wirkung der Jodwasserstoffsäure jenes andere Hydroxyl entzogen werden, ohne dass das Product (Bernsteinsäure) dabei an Sättigungscapacität verliert.

XXIII. Unorganische Bestandtheile der Pflanzen (Asche).

795. Ueberblickt man die in den vorhergehenden Abschnitten betrachteten näheren Bestandtheile der Pflanzen, so ergiebt sich, dass sie insgesammt entweder aus drei (C, H, O), oder aus vier (C, H, O, N) Elementen zusammengesetzt sind. Man kann demnach die Organogene: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, als die vier Grundpfeiler der Pflanzenwelt ansehen. Nächst ihnen treten noch Schwefel und Phosphor als sehr verbreitete Stoffe des Pflanzenreiches auf, da sie zu den wesentlichen Bestandtheilen der in keiner Pflanze fehlenden eiweissartigen Stoffe gehören. Damit ist jedoch die Reihe der in den Pflanzen vorkommenden chemischen Stoffe noch nicht geschlossen; denn sonst würden die Pflanzen in der Hitze vollständig verbrennen, ohne etwas zurückzulassen. Nun bleibt aber beim Verbrennen jeder Pflanze ein Rückstand übrig, der sich nicht verbrennen und nicht verflüchtigen lässt; es müssen also, ausser den verbrennlichen organischen Verbindungen, auch noch unverbrennliche unorganische darin zugegen sein. Man nennt diese letzteren Asche.

796. Holz-, Torf- und Steinkohlenasche. Der Name Asche ist ebenso unbestimmt, wie der Name Humus. Humus pflegt man alle bei der Verwesung organischer Körper sich bildenden Stoffe zu nennen, wenn sie braun oder schwarz sind; unter Asche aber begreift man alle nichtflüchtigen und nichtverbrennlichen Stoffe, die bei der Verbrennung der organischen Stoffe übrig bleiben. Wie verschiedenartig diese nach Quantität und Qualität sein kann, das zeigt schon eine oberflächliche Betrachtung der drei bekanntesten Aschenarten, der Holz-, Torf- und Steinkohlenasche. Der Rückstand beim Verbrennen verschiedener Sorten von Steinkohlen, Braunkohlen und Torf ist sowohl in Bezug auf seine Bestandtheile wie rücksichtlich der Menge ausserordentlich verschieden. Es giebt von allen drei Brennstoffen Arten, die kaum mehr Asche hinterlassen als das

Holz ($^1/_2$ bis 2 Proc.), aber meistens beträgt dieselbe viel mehr, oft 10 Proc., bisweilen 20 bis 30 und mehr Procente.

Die Holzasche enthält viel alkalische Salze und giebt mit Wasser eine kräftige alkalische Lauge, die Aschen der anderen Brennmaterialien enthalten nur sehr geringe Mengen von diesen Salzen, häufig aber viel Gips, Thon und zerriebene Gesteinstheile. Die Kalisalze der Holzasche machen, wenn sie als Düngmittel angewandt wird, die Kieselerde des Bodens löslich und zeigen sich deshalb für Wiesen und alle Grasarten besonders wirksam. Auch die Torfasche wirkt hier häufig sehr günstig durch ihren Gipsgehalt, der zuweilen über $^3/_4$ ihres Gewichtes beträgt und bei seiner sehr feinen Vertheilung das kohlensaure Ammoniak der Luft und des Regenwassers in schwefelsaures umwandelt und bindet, zugleich den Kleearten Schwefel liefert. Aehnlich verhält sich die Asche mancher Braunkohlen. Die Steinkohlenasche schmilzt bei der intensiven Hitze, welche dieses Brennmaterial giebt, gewöhnlich zu glasartigen Schlacken, die dann wenig Oberfläche bieten und selbst, wenn sie reich an Gips sind, nur geringen Nutzen bringen, zumal sich auch der meiste Gips durch das Zusammenschmelzen mit den thon- und kieselreichen Bestandtheilen zersetzt. Aber zur Herstellung fester Fusswege eignen sich diese zerschlagenen Aschenschlacken sehr gut, indem sie allmälig Wasser binden und eine zusammenhängende Masse bilden.

797. Pflanzenaschen. Vergleicht man die Asche der Pflanzen oder Pflanzentheile unter einander, so finden sich ebenfalls sehr grosse Verschiedenheiten, wie man aus der folgenden Zusammenstellung ersehen kann.

Es geben:				Daraus löst Wasser ungefähr auf:
100 Pfd.	Fichtenholz	$^1/_3$—$^1/_2$	Pfd. Asche;	$^1/_3$
100 „	Eichenholz	2—3	„ „	$^1/_4$
100 „	Eichenrinde	4—5	„ „	$^1/_{10}$
100 „	Eichenblätter (im Frühjahr)	5	„ „	$^1/_2$
100 „	„ (im Herbst)	$5^1/_2$	„ „	$^1/_6$
100 „	getrockn. Kartoffelknollen	8—9	„ „	$^4/_5$
100 „	Kartoffelkraut	12—15	„ „	$^1/_{25}$—$^1/_{15}$
100 „	Weizenkörner	2—3	„ „	$^1/_2$
100 „	Weizenstroh	4—6	„ „	$^1/_{10}$—$^1/_8$

Die Menge sowohl, wie die Beschaffenheit der unorganischen Stoffe in den Pflanzen wechselt hiernach auf die ausserordentlichste Weise, und zwar nicht nur nach der Verschiedenheit der Pflanzen, sondern auch nach der Verschiedenheit der einzelnen Theile in einer und derselben Pflanze, ja selbst in den letzteren wieder nach dem verschiedenen Alter derselben. Die grösste Menge davon finden wir immer in den jüngeren, in lebhaftem Wachsthume begriffenen Pflanzenorganen, z. B. in den Blättern und Zweigen.

798. Bestandtheile der Pflanzenaschen. Fragen wir nach der Zusammensetzung der Pflanzenaschen, so giebt die chemische Analyse darauf die Antwort: dass sie der Hauptsache nach aus Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd, verbunden mit Kohlensäure, Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Salzsäure (Chlor), bestehen. Von diesen sind vorzugsweise

a) in Wasser löslich: die alkalischen Salze (Kali- und Natronsalze);
b) in verdünnter Salzsäure löslich: die erdigen Salze (Kalk- und Magnesiasalze und Eisenoxyd);
c) in Wasser und in Säure unlöslich: die Kieselsäure.

Ob in einer Pflanze die eine oder die andere Gattung dieser Salze vorherrscht, lässt sich hiernach, wenn auch nur annäherungsweise, durch blosse Behandlung ihrer Asche, zuerst mit Wasser, dann mit verdünnter Salzsäure ermitteln. Die folgenden Beispiele mögen diese Verschiedenheit noch genauer darlegen:

In 100 Asche sind etwa enthalten:

Asche von	Kali.	Kalkerde.	Talkerde.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.
Buchenholz	15	56	11	5	1	1/10
Buchenblättern, Herbst .	5	45	6	4	4	33
„ Sommer .	20	36	9	8	3	15
Weizenstroh	12	6	3	6	2	66
Weizenkörnern	30	3	10	46	2	2
Erbsenstroh	24	38	8	8	6	6
Erbsenkörnern	40	4	8	36	4	1
Wiesenheu	28	12	5	6	5	30
Kleeheu	34	34	12	10	3	3
Kartoffelkraut, Herbst .	8	47	23	5	5	5
Kartoffelknollen	60	3	4	18	6	2
Runkelrüben	55	5	5	10	4	4
Taback	30	40	10	4	4	8

In der lebenden Pflanze sind die genannten unorganischen Stoffe oft in ganz anderer Form enthalten, als in der Asche: Schwefel und Phosphor nämlich als Bestandtheile der eiweissartigen Stoffe, die Basen aber meistens als pflanzensaure Salze. Dass die letzteren durch Verbrennung in kohlensaure Salze (kohlensaures Kali, Natron, Kalk etc.) umgewandelt werden, ist schon früher bei dem weinsauren und oxalsauren Kali (255) gezeigt worden, und es erklärt sich hieraus, warum fast alle Aschen mit Säuren brausen. Schwefel und Phosphor oxydiren sich beim Verbrennen; wir finden sie als Schwefelsäure und Phosphorsäure, mit Alkalien, Erden oder Eisenoxyd verbunden, in der Asche wieder.

799. Bedeutung der Aschenbestandtheile. Bei der Phosphorsäure und Kieselsäure, bei dem Kali und Kalk etc. wurde schon darauf hingewiesen, dass diese Stoffe einen überaus günstigen Einfluss auf das Pflanzenwachsthum auszuüben vermögen, und dass die Pflanzen in einem Boden kümmern, der nicht genug Kali oder Kalk enthält; ebenso in einem Boden, der Mangel an Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure etc. leidet. Das Vorkommen von unorganischen Stoffen in allen Pflanzen muss zu dem Schlusse führen, dass jede Pflanzenart bestimmte Mengen davon zu ihrem Leben, zu ihrer vollständigen Entwickelung braucht, dass man sie als die mineralischen Nährmittel der Pflanzen anzusehen hat. Fehlen diese ganz in einem Boden, so hört das Wachsthum ganz auf, wenn die Mineralstoffe des eingesäeten Samens verbraucht sind; fehlt die genügende Menge davon, so bleibt das Wachsthum dürftig und gering; fehlen nur einzelne der Mineralstoffe, so wird die Pflanze krüppelhaft und krank. Directe Culturversuche in reinem Sand und in wässerigen Nährstofflösungen haben diesen Schluss aufs Bestimmteste erhärtet. Die basischen Körper, wie Kali und Kalk, wirken hierbei höchst wahrscheinlich auf eine ähnliche prädisponirende Weise, wie bei der Bildung der Salpetersäure, sie vermitteln nämlich durch ihr Vorhandensein die Entstehung der organischen Säuren, mit denen sie nachher in Verbindung treten. Beim weiteren Wachsen und Reifen der Pflanzen scheinen die letzteren theilweise mit zur Bildung von indifferenten Stoffen, z. B. Stärke, Zucker etc., verwendet zu werden, denn bekanntlich verliert sich bei vielen Pflanzentheilen, insbesondere bei den Früchten, zur Zeit des Reifens der saure Geschmack, während dafür ein mehliger, süsser oder schleimiger auftritt. Der Lieferant dieser mineralischen Nährmittel ist der Boden.

800. Ackererde oder Ackerkrume. Mit diesen Namen bezeichnet man die oberste, meist dunklere Schicht unserer Oberfläche, in welcher die Pflanzen keimen und wurzeln; dieselbe besteht der Hauptsache nach aus zweierlei ganz verschiedenartigen Materialien: nämlich aus unorganischen, dem Mineralreiche angehörigen Stoffen (Kieselsäure, kieselsaure, phosphorsaure, kohlensaure und schwefelsaure Thon-, Kalk-, Magnesia-, Kali-, Natron- und Eisenverbindungen), und aus organischen,

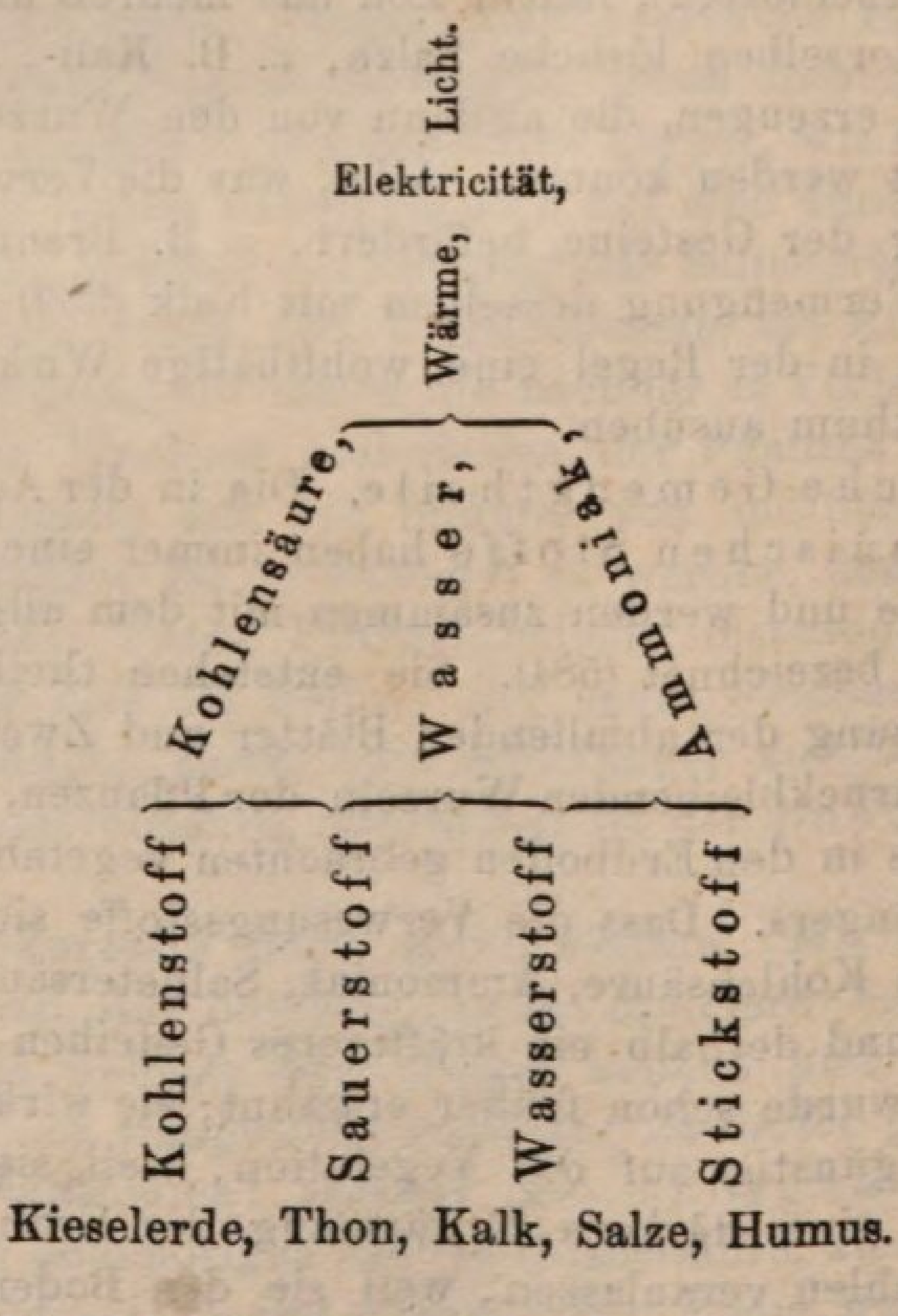
aus dem Thier- und Pflanzenreiche stammenden Stoffen (humusartige Stoffe).

Unorganische Gemengtheile. Der eigentliche Grund und Boden, in dem die Pflanzen vegetiren, wird vorzugsweise von gröber oder feiner zertheilten Mineralstoffen gebildet, in welche die Felsarten im Laufe von Jahrtausenden zerfielen oder verwitterten (367). Thon, Lehm, Sand nnd Kalk (kohlensaurer) sind die hierdurch erzeugten Hauptgemengtheile unserer Bodenarten; von ihrer Art und Menge hängt die physische Beschaffenheit der letzteren ab, welche schon in 372 besprochen wurde. Die Verwitterung des Bodens geht aber auch noch jetzt ununterbrochen vor sich, und zwar um so schneller, je mehr der Boden aufgelockert und von Luft und Wasser durchdrungen wird (Brache). Hierbei werden die Gesteinsmassen nicht bloss mechanisch weiter zerkleinert, sondern auch chemisch verändert (aufgeschlossen), indem sich aus mehren unlöslichen Bestandtheilen derselben lösliche Salze, z. B. Kali-, Natron- und Kalksalze etc., erzeugen, die alsdann von den Wurzeln der Pflanzen aufgesaugt werdeu können. Alles, was die Verwitterung und Aufschliessung der Gesteine befördert, z. B. Brennen des Erdbodens (363), Vermengung desselben mit Kalk (339) und anderes, wird demnach in der Regel eine wohlthätige Wirkung auf das Pflansenwachsthum ausüben.

Organische Gemengtheile. Die in der Ackererde enthaltenen organischen Stoffe haben immer eine braune oder schwarze Farbe und werden zusammen mit dem allgemeinen Namen „Humus" bezeichnet (584). Sie entstehen theils durch allmälige Verwesung der abfallenden Blätter und Zweige und der in der Erde zurückbleibenden Wurzeln der Pflanzen, theils durch Zersetzung des in den Erdboden gebrachten vegetabilischen oder thierischen Düngers. Dass die Verwesungsstoffe sich nach und nach weiter in Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure und Wasser zersetzen und deshalb ein kräftigeres Gedeihen der Pflanzen herbeiführen, wurde schon früher erwähnt; sie wirken aber ausserdem noch günstig auf die Vegetation, weil sie durch ihre dunkle Farbe eine stärkere Erwärmung des Erdbodens durch die Sonnenstrahlen veranlassen, weil sie den Boden auflockern, und weil sie endlich durch die freiwerdende Kohlensäure die Verwitterung der Gesteine befördern.

Gegen die Wegführung der aus den Bestandtheilen des Bodens und Düngers erzeugten löslichen Nährstoffe der Pflanzen durch den Regen wird der Boden durch seine feinerdigen Theile geschützt, welche die Fähigkeit besitzen, gewisse gelöste Basen und Säuren, insbesondere Ammoniak, Kali, Phosphorsäure und Kieselsäure, zu absorbiren uud in der oberen Ackerkrume festzuhalten (376).

XXIV. Ernährung und Wachsthum der Pflanzen.



801. Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, diese vier Elemente sind es, welche die göttliche Allmacht

als Grundsäulen für den Bau der gesammten organischen Schöpfung feststellte; aus ihnen werden, mit Beihülfe von Schwefel, Phosphor und einigen anderen unorganischen Stoffen, alle die zahllosen, wundersamen Gebilde der Thier- und Pflanzenwelt erzeugt. Ueber den inneren, chemischen Vorgang bei dieser Erzeugung wissen wir noch wenig Bestimmtes, wohl aber sind die äusseren Bedingungen, unter welchen sie erfolgt, und die Quellen, aus denen die genannten Grundstoffe entnommen werden, ziemlich genau ermittelt.

Dass die Pflanzen zu ihrer Erzeugung und Ausbildung Erdboden, Wasser, Luft, Wärme und Licht bedürfen, diese allgemeinen Bedingungen des vegetabilischen Lebens sind bekannt genug; welche einzelnen Bestandtheile aber aus der Erde, aus dem Wasser und aus der Luft von den Pflanzen aufgenommen werden und denselben als Nahrungsmittel dienen, darüber haben erst die chemischen Forschungen der neueren Zeit, und zwar insbesondere die von Liebig angestellten, ein helleres Licht verbreitet.

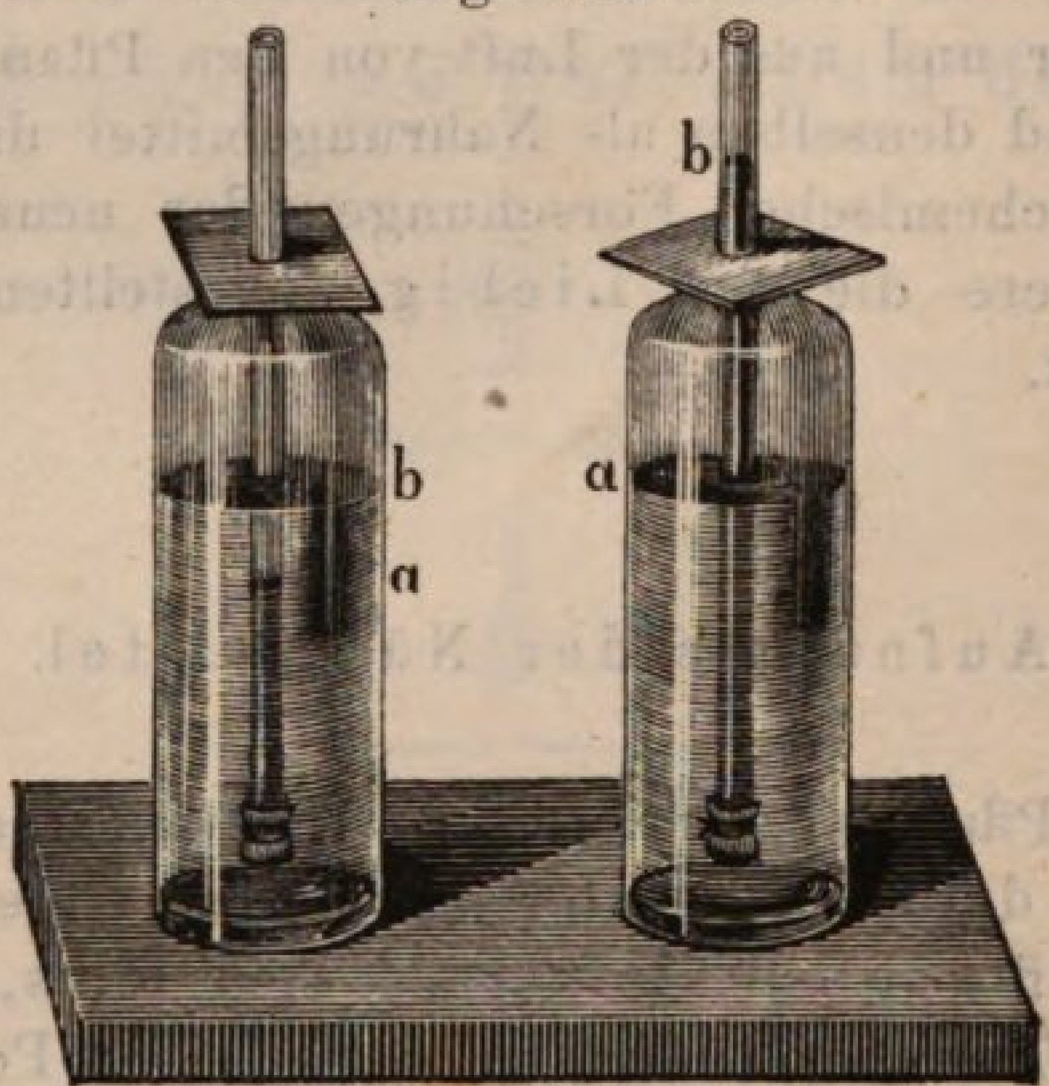
Aufnahme der Nährmittel.

802. Die Pflanzen saugen ihre Nahrung theils durch die Wurzeln, theils durch die Blätter ein; es folgt hieraus, dass dieselbe entweder flüssig oder luftförmig sein muss, denn nur in diesen beiden Formen vermag sie in die feinen Poren der Wurzelfasern und Blätter einzudringen. Die Pflanzen empfangen ihren Wasserstoff und Sauerstoff von dem Wasser, ihren Kohlenstoff von der Kohlensäure, ihren Stickstoff vom Ammoniak oder der Salpetersäure, ihre unorganischen Bestandtheile hauptsächlich aus der Erde. Wasser, Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure) und eine geringe Anzahl von unorganischen Salzen sind hiernach als die Nahrungsmittel der Pflanzen anzusehen. In vielem Wasser gelöst dringen diese durch die feinen Saugwurzeln in die Pflanze und steigen hier mit den organischen Stoffen, welche die Pflanze aus ihnen erzeugt, als sogenannter Saft oder Vegetationswasser in alle Theile der letzteren, um deren Ernährung und Wachsthum zu bewirken.

Endosmose. Welche Kraft es ist, die das Wasser sammt den gelösten Stoffen in die Wurzeln und aus diesen, oft 100 und mehr Fuss, wie bei den Bäumen, bis in deren Gipfel treibt, darüber ist man noch nicht im Klaren. Früher schrieb man dieses „Saftsteigen“ und Circuliren der Capillarität (115) zu, welche durch die feinen Zellen und Gefässe der Pflanzen hervorgerufen werden sollte. Jetzt aber hält man dafür, dass es hauptsächlich in Folge einer besonderen physikalischen Kraft, der sogenannten endosmotischen, vor sich gehe, deren Wirken der folgende kleine Apparat klarer machen wird.

Versuch. Man verbinde eine an beiden Seiten offene, etwa 15 Centim. lange und 1 Centim. weite Glasröhre auf der einen

Fig. 205.



Seite mit einem Stückchen Blase (oder Pergamentpapier), die man erst angefeuchtet und durch Reiben geschmeidig gemacht hat, stecke diese Röhre durch ein durchlöchertes Blatt Pappe und hänge sie nun in ein Opodeldocgläschen, das ziemlich mit Wasser angefüllt ist, so tief ein, dass noch ein Querfinger Platz zwischen der Röhre und dem Boden des Gläschens bleibt. Füllt man jetzt die Röhre auch bis zu gleicher Höhe mit dem äusseren Niveau mit Wasser, und setzt man dem Wasser in der Röhre einige Körner Kochsalz zu, so sieht man dasselbe nach kurzer Zeit sich über den Stand des Wassers in dem Glase (Nr. 2) erheben: es steigt in die Höhe. Es dringt also aus dem äusseren Ge-

fässe Wasser durch die Blase hindurch zu dem Salzwasser der Röhre.

Setzt man dem Wasser im Glase gleichfalls und so viel Kochsalz zu, dass sein Salzgehalt dem in der Röhre vollkommen gleich ist, so zeigt sich keine Niveauänderung. Bringt man dagegen in das Wasser des Glases so viel Salz, dass die Salzlösung in ihm stärker wird als die der Röhre, so sinkt die Flüssigkeit in der Röhre, während die im äusseren Glase (Nro. 1) enthaltene steigt. Man hat diese Durchschwitzung des Brunnenwassers zum Salzwasser und des salzarmen Wassers zu dem salzreicheren Endosmose oder endosmotische Kraft genannt, und ihr Wirken äussert sich mit solcher Stärke, dass in Folge davon Wasser durch die Blase, die sonst kein Wasser durchlässt, hindurchgepresst wird (diffundirt). Diesem Streben nach Ausgleichung unterliegen auch Lösungen von anderen Salzen, von Zucker etc., ja auch verschiedene Flüssigkeiten, z. B. Weingeist und Wasser etc.

Saftbewegung. Aehnlich, wie hier die thierische Haut oder Membran wirkt, soll nun auch die feine vegetabilische Membran (Cellulose) wirken, aus welcher die Zellenwände der Pflanze bestehen. Die Blätter verdunsten immer Wasser, daher muss der Saft hier concentrirter oder dichter werden, es wird also Endosmose von dem dünneren Safte der unteren Zelle zur oberen stattfinden, der seinerseits nun dichter wird und dadurch der zweituntersten Wasser entzieht, und so herab bis zur Wurzel oder vielmehr bis zur Feuchtigkeit des Bodens. Hiernach würde also der Saft der Pflanzen durch die endosmotische Kraft von der Wurzel an von Zelle zu Zelle gehoben werden, bis er zu dem Gipfel gelangt ist. Alle Erscheinungen des Saftsteigens lassen sich jedoch durch das alleinige Wirken dieser Ausgleichungskraft noch nicht erklären (s. auch Dialyse S. 526).

Wasser als Nährmittel.

803. Das Wasser versorgt die Pflanzen mit Sauerstoff und Wasserstoff. Die Pflanzen saugen es als Flüssigkeit durch die Wurzeln aus der Erde ein, welche durch Regen, Schnee, Thau und Nebel damit getränkt wird. Ausser-

dem ist das Wasser auch insofern unentbehrlich für die Pflanzen, als es durch seine flüssige Beschaffenheit die Bildung der festen Pflanzentheile vermittelt, denn der durch Wasser flüssig gemachte Saft ist es, aus dem sich alle festen Bestandtheile der Pflanzen entwickeln. Auch die zum Aufbau ihres Körpers nöthigen mineralischen Nährstoffe werden den Pflanzen in der Form sehr verdünnter Lösungen zugeführt, welche sich in dem Boden durch die Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers auf die Mineralstoffe erzeugen. Ebenso bringen die atmosphärischen Niederschläge die in der Luft enthaltenen pflanzennährenden Verbindungen, als: kohlensaures Ammoniak, salpetrigsaures Ammoniak, Kochsalz etc. auf den Boden herab, welcher sie ebenfalls den Pflanzenwurzeln zuführt.

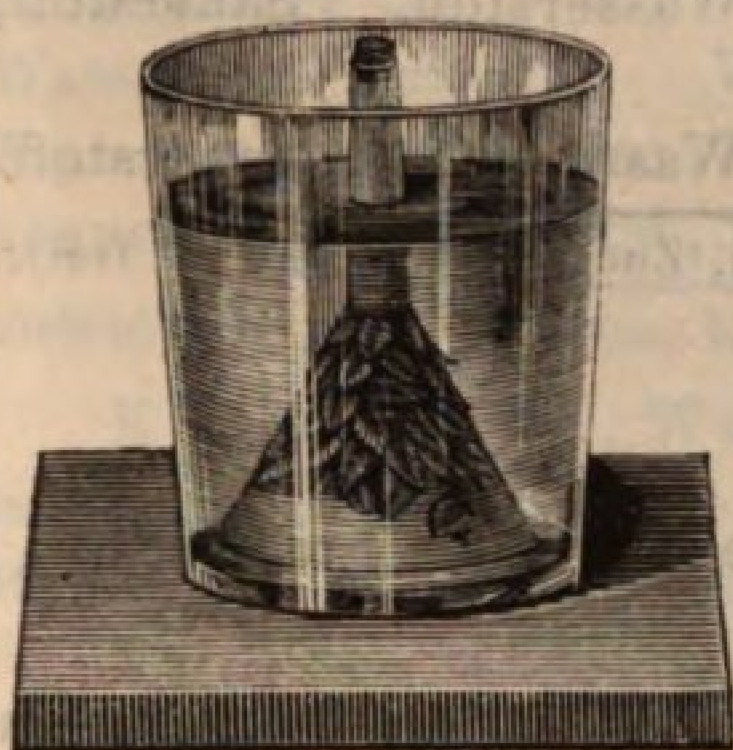
Kohlensäure als Nährmittel.

804. Die Kohlensäure versorgt die Pflanzen mit Kohlenstoff. Sie wird hauptsächlich durch die Blätter aus der Luft, die unaufhörlich durch den Verbrennungs-, Verwesungs- und Athmungsprocess neuen Zuwachs daran erhält, eingesogen. Ausserdem finden auch die Wurzeln der Pflanzen in jedem Boden, welcher Humus enthält, Kohlensäure, denn der Humus besteht aus verwesenden, d. h. in Kohlensäure und Wasser sich zersetzenden organischen Stoffen (585). Aus dieser beschränkten Quelle schöpfen die jungen Pflanzen insbesondere ihre Nahrung, bevor sie Blätter genug haben, um durch diese sich die Kohlensäure aus dem unbeschränkten Luftmeere anzueignen. Welche Verwandlung die letztere in der lebenden Pflanze erfährt, werden folgende Versuche zeigen:

Zersetzung der Kohlensäure. *Versuch.* Man fülle einen Glastrichter mit frischen Blättern irgend einer Pflanze an und stelle ihn verkehrt in ein mit Wasser gefülltes weites Glas, so dass er ganz mit Wasser bedeckt wird. Nun verstopft man die obere Oeffnung mit einem Pfropfen, saugt mit einer Glasröhre einen Theil des äusseren Wassers heraus und stellt das Gefäss in die Sonne: aus den Blättern werden bald Luftbläschen in die Höhe steigen und sich in der Röhre des Trichters ansammeln.

Ist das Wasser innerhalb des Trichters so weit herabgedrängt, dass es mit dem äusseren Wasser gleich hoch steht, so öffnet

Fig. 206.



man den Trichter und hält einen glimmenden Holzspan in die aus den Blättern entwickelte Luft: derselbe wird sich darin, ganz so wie im Sauerstoffgas, mit Lebhaftigkeit entzünden. Diese Luftart ist auch wirklich Sauerstoff, welcher aus der in dem Wasser enthaltenen Kohlensäure stammt. Die Kohlensäure wird nämlich in den Pflanzen durch den Einfluss des Lichts in ihre Bestandtheile zerlegt; ihr Sauerstoff wird frei und entweicht, ihr Kohlenstoff aber bleibt in den Pflanzen rurück. *Die Pflanzen athmen Kohlensäure ein und im Lichte Sauerstoff aus.*

Versuch. Man wiederhole den Versuch mit der Abänderung, dass man die Blätter, statt mit gewöhnlichem Wasser, mit Selterswasser übergiesst; in diesem befindet sich eine reichlichere Menge von Kohlensäure, und die Folge davon ist, dass die Entwicklung von Sauerstoffgas rascher vor sich geht und länger andauert.

805. Bildung stickstofffreier Pflanzenstoffe. Die Hauptmasse der Pflanzen besteht aus dreielementigen Stoffen, nämlich aus Pflanzenfaser, Stärke, Gummi, Schleim, Zucker etc.; alle diese Stoffe können aus Kohlensäure (CO_2) und Wasser (HO) erzeugt werden, wenn die Elemente des Wassers sich mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure chemisch verbinden. Geschieht dies, so muss nothwendigerweise der Sauerstoff der letzteren in Freiheit gesetzt werden.

Aus
Kohlensäure = Kohlenstoff, Sauerstoff,
und Wasser = Wasserstoff, Sauerstoff,
entsteht: $\underbrace{\text{Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff}}_{\text{Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Oele etc.}}$ + Sauerstoff. (wird frei).

Es ist auch wohl möglich, dass die Elemente der Kohlensäure sich mit dem Wasserstoff des Wassers verbinden, und dass

demnach der freiwerdende Sauerstoff aus dem Wasser stammt; der chemische Vorgang würde dann zwar ein anderer, der Erfolg aber doch genau derselbe sein, wie eben angegeben. Aus

$$\begin{array}{lll} \text{Wasser} & = & \text{Wasserstoff, Sauerstoff,} \\ \text{u. Kohlensäure} & = & \text{Kohlenstoff, Sauerstoff,} \\ \text{entsteht:} & & \underbrace{\text{Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff}}_{\text{Pflanzenfaser, Stärke, Schleim, Zucker etc.}} + \underset{\text{(wird frei).}}{\text{Sauerstoff.}} \end{array}$$

Ammoniak und Salpetersäure als Nährmittel.

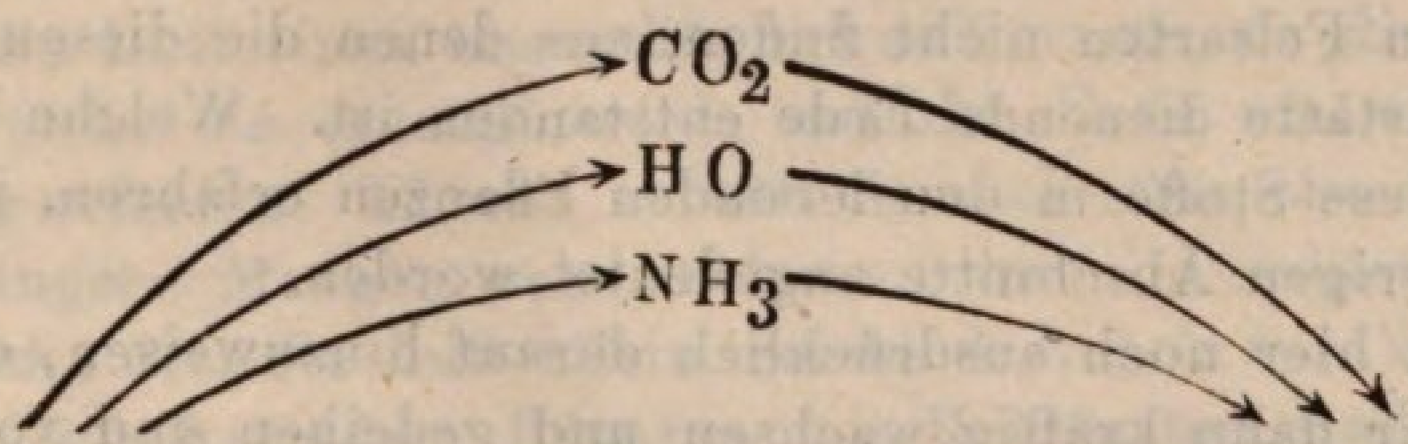
806. Ammoniak und Salpetersäure versorgen die Pflanzen mit Stickstoff. Wenn Thier- und Pflanzenstoffe verwesen, so bildet sich aus dem Stickstoff derselben zunächst Ammoniak (NH_3), aus ihrem Kohlenstoff Kohlensäure diese beiden Producte der Verwesung vereinigen sich mit einander zu einem flüchtigen Salze, welches in die Luft entweicht. Ausserdem gelangt auch noch durch den Verbrennungs- und Verdunstungsprocess salpetrigsaures Ammoniak in diese, denn neuere Untersuchungen haben nachgewiesen, dass kleine Mengen von dieser Verbindung bei den angegebenen Processen aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft und den Bestandtheilen des Wassers sich erzeugen. Aus der Luft werden diese Stickstoffverbindungen zum Theil durch die Pflanzen selbst ausgezogen, zum Theil durch den Lehm oder Thon (369) und den Humus des Erdbodens (585), zum Theil durch den Thau, Regen und Schnee wieder verdichtet und zur Erde zurückgeführt und dann mit dem Wasser von den Pflanzen aufgenommen. Verwesen organische Stoffe in der Erde an Orten, wo Pflanzen wachsen, so kann das erzeugte Ammoniak, oder auch die durch Oxydation daraus sich bildende Salpetersäure (NO_5), natürlich unmittelbar nach deren Entstehung von den Wurzeln derselben absorbirt werden.

807. Bildung stickstoffhaltiger Pflanzenstoffe. Auf welche Weise die Umwandlung (Assimilation) der stickstoffhaltigen Nährstoffe in Pflanzenstoffe erfolgt, ist noch nicht bekannt. Nimmt man das Ammoniak als den Stickstofflieferanten für die

Pflanzen an, so kann man sich die Bildung der stickstoffhaltigen Bestandtheile derselben ganz im Allgemeinen etwa in folgender Weise vorstellen. Aus

Kohlensäure	=	Kohlenst., Sauerst.,
Wasser	=	Wasserst., Sauerst.,
Ammoniak	=	Stickst., Wasserst.,
können entstehen:		Stickst., Wasserst., Sauerst., Kohlenst. + Sauerst.
		Eiweiss, Kleber, Caseïn, organ. Basen etc. (wird frei).

Kohlensäure, Wasser und Ammoniak enthalten hiernach in ihren Elementen die wesentlichsten Bestandtheile zur Bildung aller Pflanzentheile (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff



Todte Thiere und Pflanzen. Lebende Pflanzen.

und Stickstoff). Bei der Verwesung und Fäulniss werden die Thier- und Pflanzenstoffe in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersetzt. Was uns Vernichtung zu sein scheint, ist aber nur Verwandlung; nur die Gestalt vergeht, die Stoffe selbst sind unveränderlich. Aus den ekelerregenden Verwesungsstoffen entstehen wieder die lebensfrischen Wunder der Pflanzenwelt.

Mineralstoffe als Nährmittel.

808. Durch den Erdboden und das Wasser werden die Pflanzen mit den nöthigen unorganischen Stoffen versorgt. Unsere Ackererde ist in beständiger Umsetzung begriffen; die darin enthaltenen organischen Stoffe verwesen, die unorganischen verwittern. Durch den letztgedachten Process entstehen immer aus unlöslichen Gesteinen lösliche Salze, welche nun von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden können. Die Verwitterung findet aber auch im Innern unserer

Erdrinde Statt, und zwar überall, wo Luft und Wasser zu den Gesteinmassen dringen können. Die hierbei löslich gewordenen Stoffe werden von dem Regenwasser aufgenommen und bilden die Salze unseres gewöhnlichen Quell- und Flusswassers; auch aus diesem können demnach die Pflanzen an vielen Orten unorganische Stoffe aufnehmen. Endlich finden sich auch in der Luft immer unorganische Stoffe, welche durch Verdampfung, insbesondere aus dem Meere, wie durch die Gewalt der Winde in dieselbe gelangen und sich mit ihr über die ganze Erde verbreiten. Durch Regen, Thau, Schnee etc. werden diese der Erde wieder zugeführt, und es kann hiernach nicht Wunder nehmen, dass wir oft Salze (z. B. Kochsalz etc.) in Pflanzen antreffen, die wir in den Felsarten nicht finden, aus denen die diesen Pflanzen zur Wohnstätte dienende Erde entstanden ist. Welche Veränderungen diese Stoffe in den lebenden Pflanzen erfahren, ist schon in dem vorigen Abschnitte angedeutet worden.

Es ist hier noch ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass eine Pflanze nur dann kräftig wachsen und gedeihen und vollständig zur Reife gelangen kann, wenn ihr die zu ihrer Ausbildung nöthigen Nährstoffe alle zusammen dargeboten werden. Wie das Leben des Menschen aufhört, wenn ihm nur eine einzige der zu seinem Fortbestehen nöthigen Bedingungen, z. B. die Luft (Sauerstoff) oder das Wasser, entzogen wird; wie ein Uhrwerk still steht, wenn nur ein einziges Rädchen daraus weggenommen wird, so wird auch die vollkommene Entwicklung einer Pflanze gehemmt, wenn ihr eins der erforderlichen Nahrungsmittel fehlt.

Erhöhung des Pflanzenwachsthums.

809. Düngung. Geben wir einem Thiere reichliches und kräftiges Futter, so wird es kräftig und feist; bei dürftigem und wenig nahrhaftem Futter bleibt es dürftig und mager. Gerade so verhält es sich auch mit den Pflanzen. Finden sich alle die Stoffe, welche sie zu ihrer Ausbildung brauchen, vollauf und in assimilirbarer Verbindung in dem Erdboden und der Luft, so werden sie kräftiger emporwachsen und mehr Zweige, Blätter, Blüthen und Früchte treiben, als wenn sie diese Stoffe, oder auch nur einen davon, nicht in hinlänglicher Menge antreffen. Das

Mittel, um unseren Feldern und Wiesen den grössten Ertrag abzugewinnen, besteht also darin, den Pflanzen, die darauf cultivirt werden sollen, alle erforderlichen Nährstoffe in hinreichender Menge und aufnehmbarer Form darzubieten. Wir thun dies durch die Düngung des Bodens.

810. Organische Stoffe als Düngemittel. Dass es den Pflanzen an den drei allgemeinen Nahrungsmitteln: an Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, nicht fehle, dafür sorgt die Natur durch Regen und Thau, durch Verwesung und Fäulniss, und auch der Mensch trägt, ohne es gerade zu beabsichtigen, das Seinige dazu bei durch Athmen und Verbrennen. Von der Kohlensäure enthält die Luft einen unerschöpflichen Vorrath, da die Processe, durch welche sie erzeugt wird, auf der Erde nie eine Unterbrechung erleiden. Ebenso enthält sie auch stets, obwohl wesentlich geringere Mengen von kohlensaurem und salpetrigsaurem Ammoniak. Sie, die Luft allein, reicht demnach zur Versorgung der wildwachsenden Pflanzen mit Kohlenstoff und Stickstoff hin und es kann ein mässiges Wachsthum derselben stattfinden, wenn dieselben durch den Boden noch mit Wasser und den erforderlichen Mineralstoffen versorgt werden. Wie aber ein Bau schneller fortschreitet, wenn von mehren Seiten zu gleicher Zeit daran gearbeitet wird, so erfolgt auch das Wachsthum einer Pflanze schneller und reichlicher, wenn sie von mehren Seiten her, nicht nur durch die Blätter, sondern zu gleicher Zeit auch durch die Wurzeln, Nahrung aufnehmen kann. Alle Pflanzen- und Thierstoffe werden bei ihrer Verwesung in Wasser, Kohlensäure, Ammoniak oder Salpetersäure umgewandelt; es erscheint daher ganz natürlich, dass solche Substanzen, wenn sie in feuchter Erde verwesen, das Wachsthum der in diese Erde gesäeten Pflanzen befördern und dass humusreicher Boden in der Regel fruchtbarer ist als humusarmer, zumal der Humus zugleich die physische Beschaffenheit des Bodens verbessert und gleichzeitig die Lösung der Mineralstoffe befördert. Hierdurch erklärt sich, aber nur zum Theil, der wohlthätige Einfluss, den die allgemein gebräuchlichen thierischen und vegetabilischen Düngerarten, z. B. Mist etc., wie die aus diesen entstehenden sogenannten humusartigen Stoffe auf die Vegetation ausüben. Unter den Bestandtheilen der letzteren hat der Stick-

stoff für die landwirthschaftliche Praxis eine überwiegende Wichtigkeit, da er es insbesondere ist, welcher dem Urin, den Hornspänen, dem Peruguano und den Ammoniak- und salpetersauren Salzen die sogenannte treibende Kraft ertheilt. Die assimilirbaren Stickstoffverbindungen genügen zu einem mässigen Wachsthum, zu einem verstärkten, wie es der Landwirth wünscht, ist eine Vermehrung derselben im Boden nothwendig.

811. Unorganische Stoffe als Düngemittel. Die Aufnahme dieser allgemeinen Nahrungsmittel und ihre Umbildung in organische Stoffe durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen kann aber, wie schon erwähnt, nur unter Beihülfe von unorganischen Salzen erfolgen. Fehlen diese in einem Boden, so kann der darein gestreute Same wohl keimen und einige Zeit wachsen, weil er selbst eine gewisse Menge derjenigen unorganischen Stoffe in sich trägt, welche die aus ihm erwachsende Pflanze zu ihrem Gedeihen braucht; allein das Wachsen wird aufhören, wenn diese Stoffe zur Bildung der jungen Pflanze verbraucht sind. Die Natur sorgt nun zwar auch dafür, dass sich in der Erde durch die allmälig fortschreitende Verwitterung auflösliche Stoffe bilden; diese reichen aber nicht hin, um Jahr aus Jahr ein reiche Ernten von einem Acker zu erzielen, und es ist daher unerlässlich, sie dem letzteren künstlich beizumengen, wenn seine Tragkraft nicht abnehmen soll. Dies geschieht entweder direct durch solche mineralische Stoffe, welche Phosphorsäure, Kalk, Kali etc. enthalten, z. B. durch Knochen, Superphosphat, Kalk, Mergel, Kalisalze, Holzasche, Kochsalz, bei dem Wässern der Wiesen durch das Wasser etc.; oder indirect durch die in den meisten Düngerarten enthaltenen Salze (Kali im Urin, Phosphorsäure und Kalk im festen Mist etc.). In diesen unorganischen Stoffen liegt die zweite Wirkungsweise der thierischen und vegetabilischen Düngerarten. Unter den Bestandtheilen derselben hat die Phosphorsäure für die landwirthschaftliche Praxis eine besondere Wichtigkeit, da zur Samenbildung immer grössere Mengen davon erforderlich sind und der Landwirth hauptsächlich Samen exportirt.

Fruchtwechsel. Da die verschiedenen Pflanzenarten verschiedene Mengen von unorganischen Stoffen zu ihrer Ernährung bedürfen, manche z. B. hauptsächlich Kalisalze, andere

Kalksalze, noch andere phosphorsaure oder kieselsaure Salze: so ist es vortheilhaft, beim Anbau der Culturpflanzen eine solche Abwechselung (Fruchtwechsel) eintreten zu lassen, dass auf eine Kalipflanze eine Kalkpflanze, auf diese eine Kieselpflanze etc. folgt. Hierdurch wird es möglich, einem für eine gewisse Pflanzengattung erschöpften Felde noch eine zweite oder dritte gute Ernte von einer anderen Fruchtart abzugewinnen, ohne ihm jedesmal eine frische Düngung zu geben.

Rückblick auf die Pflanzenstoffe überhaupt.

1) So lange eine Pflanze lebt, findet in ihr eine unaufhörliche Bewegung und eine unaufhörliche Aufnahme, Veränderung und Abgabe von gewissen luftförmigen und flüssigen Stoffen Statt. Fehlen diese Stoffe der Pflanze, so hört ihr Wachsthum und Leben auf; wir betrachten sie deshalb als Nahrungsmittel für die Pflanzen.

2) Diese Nahrungsmittel der Pflanzen gehören sämmtlich zu den unorganischen Verbindungen, sie bestehen:

a) aus einer Wasserstoff- und Sauerstoffverbindung (Wasser),
b) aus einer Kohlenstoff- und Sauerstoffverbindung (Kohlensäure),
c) aus einer Stickstoff- und Wasserstoffverbindung (Ammoniak), oder einer Stickstoff- und Sauerstoffverbindung (Salpetersäure),
d) aus unorganischen Säuren und Basen (Salzen).

3) Aus diesen Stoffen bilden sich auf eine uns noch unbekannte Weise die Säfte der Pflanzen, und aus diesen die einzelnen Pflanzentheile (Organe) nebst den unzähligen Pflanzenstoffen, die wir darin antreffen.

4) Die Pflanzenstoffe und die daraus dargestellten chemischen Verbindungen sind in ihrer Gesammtheit noch nicht so genau

untersucht, um sie nach bestimmten wissenschaftlichen Principien systematisch zusammenstellen zu können. Einstweilen pflegte man sie einzutheilen:

I. Nach ihrer Verbreitung:

a) in solche, die fast in allen Pflanzen vorkommen, z. B. Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Schleim, Fette, manche Säuren, Blattgrün, eiweissartige Stoffe etc.;

b) in solche, die nur in einzelnen Pflanzenarten vorkommen, z. B. Extractivstoffe, Farbstoffe, flüchtige Oele, Harze, manche Säuren, organische Basen etc.

II. Nach ihrem chemischen Charakter:

a) in Pflanzensäuren,

b) in Pflanzenbasen,

c) in indifferente Pflanzenstoffe.

In dem Pflanzen- und Thierreiche herrschen die indifferenten Verbindungen vor, in dem Mineralreiche die sauren und basischen.

III. Nach ihrer Zusammensetzung (550):

a) in stickstofffreie, und zwar

α) in sauerstoffreiche, z. B. organische Säuren etc.;

β) in wasserstoff- und kohlenstoffreiche, z. B. Fette, flüchtige Oele, Harze etc.;

γ) in kohlenstoff- und sauerstoffreiche, z. B. Pflanzenfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Schleim etc.;

b) in stickstoffhaltige, z. B. organische Basen, manche Farbstoffe etc.;

c) in stickstoff- und schwefelhaltige, z. B. Eiweiss, Kleber, Caseïn etc.

In dem Pflanzenreiche herrschen die stickstofffreien Verbindungen vor, in dem Thierreiche die stickstoff- und schwefelhaltigen.

5) Die genauer untersuchten organischen Verbindungen (Pflanzen- und Thierstoffe) werden nach der Radicaltheorie (553) eingetheilt:

a) in Verbindungen und Derivate einwerthiger Radicale (Cyan, Methyl, Formyl, Aethyl, Acetyl, Propyl, Amyl, Valeryl etc. 181. 656. 674. 689).

b) in Verbindungen und Derivate zweiwerthiger Radicale (Kohlenoxyd, Aethylen, Propylen 119. 664. 688).

c) in Verbindungen und Derivate dreiwerthiger Radical (Glyceryl 722).

d) in Verbindungen und Derivate vier- und sechswerthiger Radicale (Acetylen, Mannit 674. 628).

e) in Verbindungen der Alkoholradicale mit Stickstoff, Phosphor, Arsen, Zink etc. (Aethyle, Amine, Metalläthyle 662. 663).

f) in die Gruppe der aromatischen Verbindungen, (Benzol, Toluol, Phenol, Benzyl, Benzoyl etc. 577. 580. 793).

g) in die Gruppe der Glycoside (766) u. a. m.

Alle Radicale der organischen Verbindungen enthalten Kohlenstoff, man kann daher die organische Chemie als die Chemie der zusammengesetzten, kohlenstoffhaltigen Radicale bezeichnen, oder kürzer, als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Die grosse Mannichfaltigkeit derselben erklärt sich daraus, dass der Kohlenstoff ein vierwerthiges Element ist und dass die Kohlenstoffatome in hohem Grade mit der Eigenschaft begabt sind, sich mit sich selbst zu Atomgruppen, als: $\text{Ɵ}, \text{Ɵ}_2, \text{Ɵ}_3, \text{Ɵ}_4$ etc. zu verbinden, welche sich wie ein chemisches Ganze verhalten.

Die Typentheorie classificirt die organischen Verbindungen nach den als Constructions-Modelle angenommenen Typen (553), aus denen sie durch Substitution entstanden gedacht werden können.

6) Die von der Natur erzeugten organischen Verbindungen (Pflanzen- und Thierstoffe) können auf vielfache Weise in neue Verbindungen nmgebildet und zersetzt werden. Solche Veränderungen erleiden die Pflanzenstoffe beispielsweise:

a) Durch Aufnahme von Sauerstoff, als:

α) bei der Verbrennung bei freiem Luftzutritt (Kohlensäure, Wasser, Stickstoff), beim Abdampfen (Braunwerden der Extracte etc);

β) bei der Verwesung (Humus, Kohlensäure, Wasser, Sauerwerden geistiger Flüssigkeiten und anderer Pflanzenstoffe; Rasenbleiche, Salpeterbildung etc.);

γ) beim blossen Stehen an der Luft (Trocknen oder Ranzigwerden der Fette; Verharzen der flüchtigen Oele, Uebergang des Bittermandelöls in Benzoësäure, des Aldehyds in Essigsäure etc.). Wirkung des Platinmohrs als Sauerstoffüberträger. Wirkung des Ozons;

δ) bei Einwirkung von Salpetersäure, Chromsäure, Braunstein, Kupferoxyd und anderen sauerstoffreichen Körpern (Veränderung des Zuckers in Zuckersäure und Kleesäure; Veränderung des Traubenzuckers durch Kupferoxydhydrat etc.);

ε) bei Einwirkung von Chlor und Wasser (indirecte Oxydation), indem das Wasser unter Bildung von Chlorwasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird (Bleichen organischer Stoffe durch Chlor; Umwandlung des Bittermandelöls in Benzoësäure und Salzsäure durch Chlor etc.). Mit diesen Oxydationsprocessen ist häufig eine Abgabe von Wasserstoff verbunden.

b) Durch Aufnahme von Wasserstoff, als:

α) bei Einwirkung von Wasserstoff *in statu nascendi*, zu dessen Erzeugung Natriumamalgam, Zinkstaub, Zink mit verdünnten Säuren oder ätzenden Alkalien dienen (Zurückführung von Aldehyd zu Alkohol, Ueberführung von Fumarsäure in Benzoësäure, von Cyanwasserstoff in Methylamin, Indigblau in Indigweiss etc.);

β) durch Schwefelwasserstoff, Jodwasserstoff, schweflige Säure etc. (Uebergang von Nitrobenzol in Phenylamin).

Mit diesen Reductionsprocessen ist zuweilen eine Abgabe von Sauerstoff, Chlor etc. verbunden.

c) Durch Aufnahme von Chlor, Brom und Jod, welche Haloïde sehr energisch auf organische Körper einwirken; meistens tritt hierbei für je 1 At. Chlor etc. 1 At-

Wasserstoff aus (Substitution). Beispiele sind: Chloressigsäure, Chlorphenylsäure, Chlorkohlenstoff, Chloräthyl etc.

d) Durch Aufnahme von Schwefel, bei Einwirkung von Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalien (Sulfaldehyd, künstliches Knoblauchöl etc.). Durch Metalloxyde bewirkt man ein Austreten des Schwefels.

e) Durch Aufnahme von Stickstoff, bei Einwirkung von Ammoniak (Aethylamin und andere Amine, Uebergang des Orcins in Orceïn etc.).

f) Durch Auswechslung von Wasserstoff gegen Untersalpetersäure, bei Einwirkung von starker Salpetersäure allein oder im Verein mit Schwefelsäure (Nitrocellulose, Nitroglycerin, Nitromannit etc.).

g) Durch Auswechslung von Wasser gegen Schwefelsäure, bei Einwirkung von Schwefelsäure auf die Alkohole (Aethylschwefelsäure etc.).

h) Durch Abgabe von Sauerstoff und Wasserstoff, beim Verbrennen und Verkohlen, beim Verkohlen durch Schwefelsäure, bei der Bereitung von Aethylen etc.

i) Durch Abgabe von Kohlenstoff und Sauerstoff, so bei der Bildung von Aceton aus Essigsäure, von Butyron aus Buttersäure (Ketone).

k) Durch Zerfallen in Zucker und andere Verbindungen (Spaltung) bei Einwirkung von Säuren, Alkalien oder Fermenten (Glycoside).

l) Durch Ueberführung in isomere Verbindungen mit anderer Gruppirungsweise der Atome oder anderem Moleculargewicht (Stärke, Dextrin und Zucker, Methylen, Aethylen und Propylen etc.).

m) Durch den Process der Fäulniss (Bildung von Sumpfgas, Ammoniak, Torf etc.), der trocknen Destillation (Bildung von Leuchtgas, Holzessig, Ammoniak, Kreosot, Carbolsäure, Anilin etc.), der verschiedenen Gährungen (Bildung von Alkoholen, Milchsäure, Buttersäure, Senföl und anderen Gährungsölen etc.), durch

die Einwirkung des Lichtes und des galvanischen Stromes (Elektrolyse) und andere mehr.

Dies sind nur einige der wichtigeren bis jetzt bekannten Veränderungen der organischen Stoffe; der Umfang derselben ist aber ohne Grenzen und wächst mit jedem Tage, da gerade diese Abtheilung der Chemie jetzt mit ausserordentlichem Eifer durchforscht wird.

Thierstoffe.

812. Thierleben. Ungleich geheimnissvoller noch und zusammengesetzter als in den Pflanzen sind die chemischen Processe, welche in dem lebenden Thiere vor sich gehen. Dass solche Processe wirklich in dem Thierkörper stattfinden, wer könnte dies bezweifeln? Sehen wir doch gerade hier das Charakteristische derselben, die Verwandlung der Körper in neue Körper mit ganz neuen Eigenschaften, noch ungleich deutlicher und auffallender als bei den Pflanzen und Mineralien. Denn kann es wohl eine auffallendere Verwandlung geben, als die der Bestandtheile des Eies (Eiweiss, Eidotter und Eischale) in die Bestandtheile des jungen Hühnchens (Fleisch, Blut, Knochen, Federn etc.)? oder die Verwandlung der Milch, welche die alleinige Nahrung vieler jungen Thiere ausmacht, in Fleisch, Blut etc.? Dass die chemische Kraft allein diese Veränderung nicht bewirken kann, ist in dem Früheren schon mehrmals erwähnt worden; sie ist nur das Werkzeug, das Mittel, dessen sich die göttliche Allmacht bedient, um auf eine uns noch verhüllte Weise während des Lebens der Pflanzen und Thiere alle die verschiedenen Gebilde des Pflanzen- und des Thierreichs zu erschaffen. Das Thierleben unterscheidet sich von dem Pflanzenleben in chemischer Beziehung hauptsächlich dadurch, dass während des

ersteren unaufhörlich Sauerstoff eingeathmet, während des letzteren aber ausgeathmet wird; ferner dadurch, dass zur Erhaltung des ersteren, ausser dem Wasser und einigen Salzen, nur organische Substanzen geeignet sind.

813. Nähere Bestandtheile der Thiere. Die Hauptmasse des Pflanzenkörpers besteht aus stickstofffreien Stoffen, also aus Stoffen, welche nur drei Elemente enthalten; in dem Thierkörper walten dagegen die stickstoff- und schwefelhaltigen Stoffe (die eiweissartigen Stoffe), also ungleich zusammengesetztere Verbindungen vor. Wasser und Fett sind fast die einzigen im Thierkörper vorkommenden Stoffe, die nur aus zwei oder drei Elementen zusammengesetzt sind; alle anderen, z. B. Fleisch, Haut, Knorpel, Blut, Haare, Nägel etc., sind reich an Stickstoff wie auch an Schwefel und Phosphor. Charakteristisch ist ausserdem für diese Stoffe, dass sie nicht krystallisirbar sind; wir finden nur in denjenigen thierischen Flüssigkeiten, die als untauglich zu weiterer Umbildung (zur Assimilation) aus dem Körper wieder ausgeschieden werden, z. B. in dem Urin, einige krystallisirbare Verbindungen (Harnstoff, Harnsäure etc.). Die meisten thierischen Stoffe zeigen unter dem Vergrösserungsglase die Gestalt von kleinen Kügelchen. Die Kugelform ist hiernach die Grundform für die zusammengesetzten, höher organisirten Gebilde des Thierreichs, während in den einfacheren, leblosen Erzeugnissen des Mineralreichs die eckige Form (Krystallform) vorherrscht. In dem zwischen beiden mitten inne stehenden Pflanzenreiche treffen wir beide Formen, die kugelige oder sphärische z. B. in der Stärke, Hefe etc., die krystallinische in dem Zucker, den organischen Säuren und Basen etc. an.

814. Elementarbestandtheile der Thiere. Die Grundstoffe, aus denen zuerst die näheren Bestandtheile, und aus diesen wieder die Organe des Thierkörpers gebildet werden, sind genau dieselben, welche wir in dem Pflanzenreiche antreffen, nämlich Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor und Chlor; und von metallischen Stoffen: Calcium, Magnesium, Kalium etc. Diese müssen dem Thierkörper zugeführt werden, wenn er wachsen und fort-

leben soll. In welcher Form dieses geschieht, wird sich am einfachsten aus der Zusammensetzung des Eies und der Milch ergeben.

I. Das Ei.

815. Eiweiss (Eier-Albumin). Das Weisse im Hühnerei besteht aus Zellen, in denen eine farblose, alkalisch reagirende Flüssigkeit, das Eiweiss, eingeschlossen ist. Beim Abdampfen erhält man daraus $\frac{1}{8}$ festes Eiweiss; das Uebrige ist Wasser. Die Zusammensetzung des Eier-Albumins kommt mit der des Pflanzen-Albumins überein, sie gehören zu den im Thier- und Pflanzenreich am allgemeinsten verbreiteten Proteïnstoffen (629). Verbrannt hinterlässt das Eiweiss Kochsalz, kohlensaures, phosphorsaures und schwefelsaures Natron und Kali und phosphorsaure Kalk- und Talkerde. Im Eiweiss selbst sind Schwefel und Phosphor zum Theil als Elemente und nothwendige Bestandtheile desselben enthalten; ausserdem ist dasselbe einem basischen Radical ähnlich, grösstentheils mit Natrium verbunden (Natriumalbuminat). Dass das Eiweiss, stark geschlagen oder gequirlt, einen lockeren, leichten Schaum giebt, dass es durch Erhitzen unlöslich wird und coagulirt oder gerinnt etc., sind bekannte Sachen. Der letzteren Eigenschaft wegen wendet man es zum Klären von trüben Flüssigkeiten, insbesondere von Zuckersäften an.

Klären mit Eiweiss. *Versuch.* Man rühre Honig mit warmem Wasser an, mische unter die erhaltene trübe Lösung ein wenig Eiweiss und erhitze das Gemisch bis zum Kochen. Das Eiweiss nimmt hierbei die in der Flüssigkeit herumschwimmenden fremdartigen Stoffe des Honigs mit in die Höhe und umschliesst sie, während es gerinnt; die Flüssigkeit wird dadurch klar und durchsichtig und lässt sich durch ein Seihetuch von dem geronnenen Eiweiss trennen.

816. Eidotter. Das Eigelb besteht der Hauptsache nach aus einem eiweissähnlichen Körper (Vitellin) und Caseïn (circa 16 Proc.) und einem rothgelben, aus Palmitin und Oleïn zusammengesetzten fetten Oel (Eieröl); das letztere schwimmt in der Gestalt von gelben Tröpfchen in der Lösung der Proteïnstoffe herum. Die letzteren bewirken die Gerinnung beim Kochen der Eier in Wasser und man kann nun das Fett durch starkes Pressen oder durch Schütteln mit Aether aus dem geronnenen Dotter ausziehen. Das Vitellin scheint mit Myosin sehr nahe übereinzukommen. Verbrannt hinterlässt es dieselben Aschenbestandtheile wie das Eiweiss, nebst Eisenoxyd; vorwaltend darunter sind Kalisalze und phosphorsaure Erden.

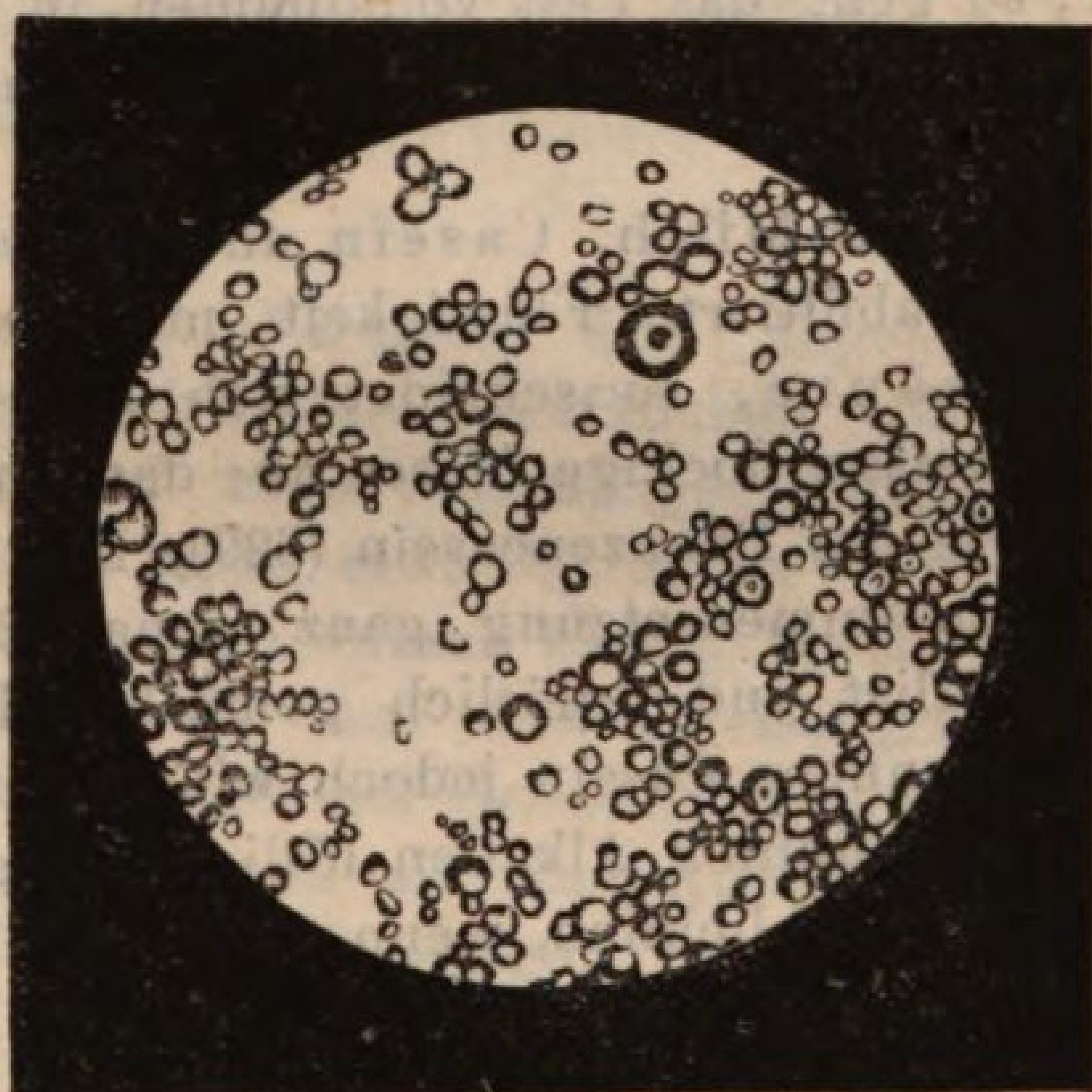
817. Eischale. *Versuch.* Man übergiesse Eischalen mit verdünnter Salzsäure: sie werden sich unter Gasentwickelung bis auf einige Häutchen von organischer Substanz auflösen. Das entweichende Gas ist Kohlensäure; in der Salzsäure aber findet sich aufgelöster Kalk, wie man durch Zusatz von Schwefelsäure wahrnehmen kann, welche daraus Gyps niederschlägt. Die Schalen haben sonach mit der Kreide eine gleiche Zusammensetzung, sie bestehen nämlich aus kohlensaurem Kalk mit etwa 1 Proc. phosphorsaurer Kalk- und Talkerde und 2 Proc. organischer Substanz.

In den Eischalen finden sich kleine Poren, durch welche Luft in das Innere des Eies zu dringen vermag, die allmälig eine Veränderung (Fäulniss) des Inhalts bewirkt. Verstopft man diese Oeffnungen, z. B. durch Einlegen der Eier in Asche oder Kalkmilch, oder durch Bestreichen derselben mit Oel, so halten die Eier sich viel länger unverändert, weil hierdurch das Eindringen der Luft verhindert wird. Beim Bebrüten der Eier, welches auch durch künstliche Wärme zur Ausführung gebracht werden kann, nimmt das Gewicht derselben unter Einsaugung von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure und Wasser ab.

II. Die Milch.

818. Die aus den Brustdrüsen weiblicher Säugethiere sich ausscheidende Milch besteht aus einer Auflösung von Caseïn, mit etwas Eiweiss und Milchzucker in Wasser, in welcher kleine, wie es scheint, mit einer Hülle umschlossene Fettkügelchen umherschwimmen, wie man dies durch die Betrachtung einer dünnen Milchschicht unter dem Mikroskop deutlich wahrnehmen kann. Die letzteren sind es, welche die Milch undurchsichtig machen und ihr das Ansehen einer Emulsion geben. Die

Fig. 207.



Milch zeigt in der Regel eine neutrale oder schwach alkalische Reaction. Unter den Mineralstoffen derselben, wie solche beim Verbrennen als Asche zurückbleiben, findet man alle, welche zum Aufbau des Thierkörpers nothwendig sind und schon in den vorigen Abschnitten angegeben wurden; vorherrschend Phosphorsäure und Kali, nächstdem Natron, Kalk (Chlor).

819. Abscheidung der Fettkügelchen aus der Milch. Fettkügelchen. *Versuch.* Durch Filtriren allein lassen sich

diese Kügelchen nicht von der Milch trennen, da sie so klein sind, dass sie durch die Poren des feinsten Papiers mit hindurchlaufen; wohl aber geht dies auf folgende Weise: Man löse 30 Grm. Glaubersalz und einige Decigramm Soda in 15 Grm. lauem Wasser auf und schüttle diese Lösung mit 15 Grm. frischer Milch zusammen; bringt man dieses Gemenge jetzt auf ein Filtrum, so bleiben die fettigen Theile (Rahm, Sahne) zurück, während eine nur wenig opalisirende Flüssigkeit abläuft. Die zugesetzte Salzlösung wirkt nicht chemisch auf die Bestandtheile der Milch ein, sondern sie bewirkt nur auf mechanische Weise, dass die Kügelchen eine compactere Masse bilden und sich leichter von der wässerigen Flüssigkeit trennen. Die Fettkügelchen sind mit einer zarten, unlöslichen Hülle umschlossen, welche man durch Zusatz von wenig Aetzkali leicht auflösen kann. Schüttelt man sie nachher mit Aether, so geht das Fett vollkommen in Lösung über, während ohnedem der Aether nur Spuren davon auflöst.

820. Caseïn in der Milch. Caseïn und Eiweiss. *Versuch.* Versetzt man die abfiltrirte Flüssigkeit mit einigen Tropfen Essig oder Salzsäure, so scheidet sich aus derselben das Caseïn als eine weisse, flockige Masse ab; das Thiercaseïn wird nämlich, ebenso wie das Pflanzencaseïn (629), mit dem es rücksichtlich seiner Zusammensetzung ganz genau übereinkommt, durch Säuren coagulirt und unlöslich gemacht. Durch zu viel Säure wird das geronnene Caseïn jedoch wieder aufgelöst; ebenso ist es auch in verdünnten Alkalien löslich. In gleicher Weise gerinnt die Milch augenblicklich, wenn man sie mit Säuren versetzt; die geronnene Masse schliesst hier auch die Fettkügelchen mit ein. Reines Caseïn ist in Wasser unlöslich, es löst sich aber darin auf, wenn Alkalien zugegen sind; diese finden sich immer in der Milch und erhalten das Caseïn aufgelöst. Durch die zugesetzte Säure wird dem Caseïn sein Alkali (Natron) entzogen und es scheidet sich in der bekannten Form des frischen Käses aus. Die beim Kochen der Milch sich oberflächlich erzeugende Haut rührt von verändertem Caseïn her. Das Caseïn gehört zu den eiweissartigen Stoffen oder Proteïnstoffen; es enthält ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch viel Stickstoff und etwas Schwefel in seiner Verbindung.

Eiweiss. *Versuch.* Filtrirt man das Caseïn von der Flüs-

sigkeit ab und bringt dann die letztere zum Kochen, so entsteht abermals eine obwohl schwächere Trübung; was sich absondert, ist Eiweiss, von dem kleine Quantitäten in jeder Milch vorhanden sind.

821. Fettkäse und Milchzucker. *Versuch.* Man lasse ein kleines Stückchen von einem getrockneten Kälbermagen (Lab) mit einem Löffel voll Wasser eine Nacht stehen und giesse dieses Wasser nachher zu einem Maass frischer Milch: die Milch wird, wenn man sie einige Stunden an einen warmen Ort stellt, oder schneller, wenn man sie bis 60° C. erhitzt, zu einer gallertähnlichen Masse gerinnen, welche man auf ein Filtrum bringt. Was zurückbleibt, besteht aus einem innigen Gemenge von geronnenem Caseïn mit den Fettkügelchen. Durch Auspressen und Trocknen erhält man daraus den sogenannten Rahm- oder Süssmilchkäse (Schweizer-, holländischer, Chester-Käse etc.).

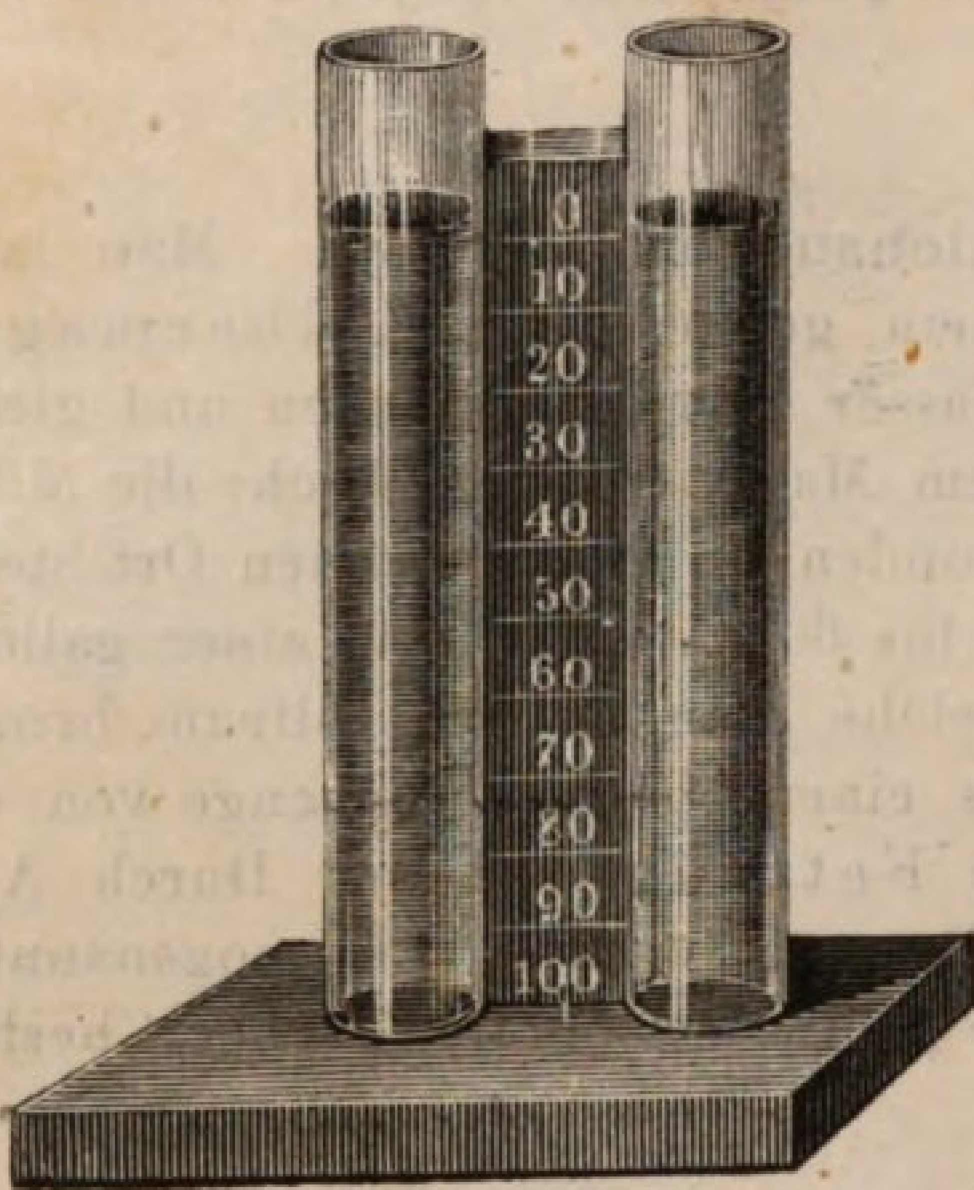
Milchzucker. *Versuch.* Die abgelaufene Flüssigkeit (süsse Molken) wird durch Aufkochen von ihrem Eiweiss (Zieger) befreit und nach abermaliger Filtration so weit abgedampft, bis nur noch etwa $1/8$ davon übrig ist. An einem warmen Orte setzen sich daraus kleine, harte, farblose Krystalle von Milchzucker ab. Auf diese Weise gewinnt man in der Schweiz den Milchzucker im Grossen. Die süssen Molken sind also der Hauptsache nach als eine Auflösung von Milchzucker (nebst etwas Eiweiss und einigen Salzen) in Wasser zu betrachten.

Milchsäure. *Versuch.* Man löse den erhaltenen Milchzucker wieder in Wasser auf und lege ein Stückchen Kälbermagen in die Lösung: die Flüssigkeit wird an einem warmen Orte bald sauer werden, weil der Milchzucker sich in Milchsäure umwandelt.

822. Milchrahm. *Versuch.* Man fülle ein Gläschen mit frischer Milch an, verstopfe es und stelle es verkehrt 24 bis 36 Stunden an einen kühlen Ort, dann lüfte man den Stöpsel, so dass der untere, dünnere Theil der Milch (blaue Milch) abläuft,

der obere, dickere (süsser Rahm oder Sahne) aber zurückbleibt.

Fig. 208.



Beim ruhigen Stehen steigen die leichteren Fettkügelchen der Milch in die Höhe und bilden auf der Oberfläche die bekannte fettige, dickliche Sahne. Wird diese längere Zeit geschüttelt oder geschlagen, so zerreissen die Hüllen der Fettkügelchen und diese letzteren backen zu Klumpen von Butter zusammen. Aus der abgelaufenen dünnen Milch kann man auf die schon angegebene Weise Caseïn, Eiweiss und Milchzucker abscheiden.

Rahmmesser. Zur Prüfung der Güte der Milch, welche von der in ihr enthaltenen Rahm- oder Buttermenge abhängt, bedient man sich eines Rahmmessers (Fig. 208), der aus mehren Glascylindern besteht, welche man bis zu dem Nullpunkte der angefügten Scala mit Milch anfüllt und ruhig stehen lässt, bis sich die Rahmschicht oben angesammelt hat. Man erfährt auf diese Art leicht, wie viel Rahm 100 Thle. Milch geben, und es ist daher diese einfache Probe den Landwirthen sehr anzuempfehlen, um sich über die nach Alter und Race der Kühe, wie nach deren Fütterung, sehr wechselnde Qualität der Milch ihrer einzelnen Viehstücke genaue Auskunft zu verschaffen. Gute Kuhmilch enthält zwischen 3 bis 4 Proc. Butter und liefert am Rahmmesser ungefähr 12 bis 16 Grade Rahm. Der mittlere Gehalt der Milch an Caseïn beträgt etwa 4 Proc., der an Milchzucker 4 Proc., der an mineralischen Bestandtheilen $\frac{1}{2}$ Proc., der an festen Bestandtheilen überhaupt etwa 12 bis 14 Proc. Nach der Futtermenge und Futterart ändern sich diese Verhältnisse. In den ersten Tagen nach der Geburt ist die Milch weit reicher an festen Bestandtheilen und wird Colostrum genannt; zu dieser

Zeit enthält sie ausser den kleinen Fettkügelchen noch grössere (Colostrumkörperchen).

823. Butter. Diese besteht, wie die Pflanzenfette, aus festem Palmitin und Stearin und flüssigem Oleïn und hat ganz die Eigenschaften der ersteren. Ausser den genannten drei Fettarten enthält die Butter aber auch noch eine kleine Quantität eines eigenthümlichen flüssigen Fettes (Butyrin), in dem mehre flüchtige Fettsäuren gebunden sind. Bleibt Butter längere Zeit an der Luft stehen, so werden kleine Mengen von diesen flüchtigen Säuren (Buttersäure, Capronsäure etc.) in Freiheit gesetzt; diese sind die Ursache des sogenannten Alt- oder Ranzigwerdens der Butter und ertheilen derselben den bekannten unangenehmen Geruch und Geschmack. Kocht man altgewordene Butter mit der doppelten Menge Wassers einige Male auf, so werden diese Säuren aus ihr entfernt, und die Butter zeigt nach dem Erkalten wieder einen angenehmen Geschmack.

824. Freiwilliges Gerinnen der Milch. Lässt man die Milch in offenen Gefässen längere Zeit stehen, so verwandelt sich ihr Milchzucker allmälig in Milchsäure, und diese bewirkt, wie jede andere Säure, ein Gerinnen der Milch und zugleich den bekannten sauren Geschmack derselben. Am schnellsten tritt die Säurebildung, mithin auch das Gerinnen der Milch, zur Sommerszeit und wenn die Milch, wie z. B. bei weiterem Transport derselben, stark bewegt wird, ein. In solchen Fällen lässt sich das Gerinnen durch Zusatz von etwas doppeltkohlensaurem Natron einige Zeit aufhalten, da dieses die erzeugte Säure neutralisirt und abstumpft. An kühlen Orten findet das Gerinnen erst Statt, nachdem sich die meisten Fettkügelchen oben angesammelt haben (saurer Rahm). Aus diesem Rahm bereitet man bei uns am häufigsten die Butter, und deswegen zeigt auch die hierbei übrig bleibende Buttermilch (ein Gemenge von geronnenem Caseïn, Milchsäure, Milchzucker, Butterklümpchen und Wasser) einen sauren Geschmack. Die unter dem Rahm befindliche sogenannte Schlickermilch enthält nur noch Spuren von Fett und besteht demnach aus Wasser, Milchsäure und coagulirtem Caseïn. Durch Abpressen erhält man daraus die aus

einer Lösung von Milchsäure in Wasser bestehenden sauren Molken.

Magerer Käse. Das nach dem Abpressen der sauren Molken übrigbleibende geronnene oder coagulirte Caseïn ist das Material, aus dem unsere gewöhnlichen mageren Kuhkäse dargestellt werden. In feuchtem Zustande aufbewahrt, erleiden diese eine Zersetzung (Fäulniss), bei der sich Ammoniak erzeugt, welches mit dem Caseïn eine weiche, seifenartige Masse bildet (alter Käse, Limburger etc.).

825. Fäulniss des Caseïns. Durch sorgsame Regulirung und mannichfache Abänderung des langsamen, fauligen Zersetzungsprocesses ertheilt man dem Caseïn die grosse Mannichfaltigkeit von Geschmack und Geruch, welche wir an den zahlreichen Käsearten des Handels wahrnehmen. Nur in besonderen Fällen setzt man ihm noch besonders würzende Stoffe zu (Kräuter, Samen, Brotschimmel etc.). Ausser Ammoniak und Schwefelammonium (632) bilden sich hierbei, wie bei der Fäulniss der Proteïnstoffe überhaupt, eigenthümliche Verbindungen verschiedener Art, von denen Leucin und Tyrosin am genauesten erforscht sind.

Leucin (Käseoxyd), $\text{Ѐ}_6 H_{13} N \Theta_2$, bildet kleine farblose, fettige Krystallschuppen und kann den organischen Basen zugerechnet werden, da es sich mit Säuren verbindet. Es ist ein allgemeines Zersetzungsproduct der eiweissartigen Körper und ist auch in vielen Körpertheilen (Leber, Niere etc.) aufgefunden worden.

Tyrosin, $\text{Ѐ}_9 H_{11} N \Theta_3$, eine schwache organische Basis, krystallisirt in langen, seidenartig glänzenden, farblosen Nadeln und erzeugt sich immer neben dem Leucin beim Faulen der Proteïnstoffe, wie im thierischen Körper. Beide lassen sich auch durch langes Kochen von Eiweisskörpern oder Horngebilden mit verdünnten Säuren, oder durch gelindes Erhitzen derselben mit Kalihydrat darstellen.

Bei stark fortgeschrittener Fäulniss treten noch flüchtige Fettsäuren in reichlicher Menge auf, als: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Baldriansäure, welche letzteren den üblen Geruch des alten Käse verstärken.

826. Gährung der Milch. *Versuch.* Man lasse Milch in einem Gläschen stehen, bis sie eben geronnen ist, und stelle sie dann, mit einer Gasentwicklungsröhre versehen (Fig. 182), an einen 24 bis 30° C. warmen Ort: es wird in der Flüssigkeit eine lebhafte Entwicklung von Kohlensäure eintreten, weil sich der noch nicht in Milchsäure übergegangene Milchzucker in höherer Temperatur erst in eine Art Traubenzucker (Lactose) und dann in Weingeist und Kohlensäure umwandelt. Hierbei bildet sich aber gleichzeitig auch etwas Buttersäure, die dem Branntwein, welchen man durch Destillation der ausgegohrenen und abgepressten Flüssigkeit erhält, einen unangenehmen Geschmack ertheilt. Der Kumyss der Tartaren ist ein solcher, durch Gährung von Pferdemilch gewonnener Branntwein.

Milchextract oder condensirte Milch bildet jetzt einen werthvollen Handelsartikel, den man durch Abdampfen der Milch in Vacuumpfannen bis auf $^1/_4$ bis $^1/_5$, unter Zusatz von Rohrzucker, erhält. Die Milch hält sich in dieser Form längere Zeit unverändert.

III. Die Nahrungsmittel und die Verdauung.

827. Elemente des Thierkörpers. Ueberblickt man die im Vorigen angegebenen Bestandtheile des Eies und der Milch, so findet man darin folgende Grundstoffe:

Das Ei besteht aus		Die Milch besteht aus	
Wasser	= H, O,	Wasser . . .	= H, O,
Eieröl	= H, O, C, P,	Butter . . . Milchzucker	= H, O, C,
Eiweiss	= H, O, C, N, S, P,	Caseïn . . . Eiweiss . .	= H, O, C, N, S, P,
Schale u. andern unorg. Stoffen	Ca, Mg, Na, K, Fe, P, S, Si, Cl, O.	unorganisch. Stoffen . .	= Ca, Mg, Na, K, Fe, P, S, Si, Cl, O.

Genau dieselben und nur dieselben Elementarstoffe findet man aber auch in dem Thierkörper; der Schluss liegt also nahe: dass die Bestandtheile des Hühnereies beim Bebrüten des Eies zur Bildung des jungen Hühnchens, und die Bestandtheile der Milch, welche die Nahrung eines jungen Säugethieres ausmacht, zum Wachsthum und zur Ernährung des letzteren verwendet werden. Gleiches geschieht auch mit den Bestandtheilen der Pflanzen- und Thierstoffe, die uns zur Speise dienen.

828. Nahrungsmittel. Ein vollständiges Nahrungsmittel muss alle oben angegebenen Bestandtheile, und zwar in einer lösbaren (verdaulichen) Verbindung enthalten. Die genannten näheren Bestandtheile des Eies und der Milch sind schon thierischer Natur, sie brauchen daher bei ihrer Verwendung zur Ernährung eines anderen Thieres oder des Menschen nur eine Formänderung zu erfahren, um in dem Organismus derselben wieder das zu werden, was sie vorher in einem anderen waren. Bei den vegetabilischen Nahrungsmitteln dagegen muss während des Verdauungs- und Assimilationsgeschäfts auch eine materielle Veränderung stattfinden, damit sie sich zu Bestandtheilen des Thierkörpers umwandeln können.

Von den näheren Bestandtheilen des Pflanzenreichs, welche als die Aufbaumaterialien des Thierkörpers zu gelten haben, sind die wichtigsten:

829. Stickstoffhaltige Nährstoffe (Nh) oder **Proteïnstoffe,** als: Kleber, Pflanzeneiweiss, Pflanzencaseïn, Protoplasma etc. Diese sind so reich an Stickstoff, nächstdem auch an Phosphor (und Schwefel), wie das Eiweiss, das Caseïn, das Fleisch der Thiere, und den letzteren überhaupt so ähnlich, dass man annehmen kann, sie brauchen nur ihre Form zu ändern, um im Thierkörper als Fibrin, Muskelfleisch, Zellgewebe, Knorpel und anderes mehr abgelagert zu werden. Man hat sie daher auch als Blut-, Fleisch- und Knochenbildner oder als plastische Nährmittel bezeichnet. Sie gewinnen noch durch die Thatsache eine höhere Bedeutung, dass in dem Thiere, so lange es lebt, eine stete Erneuerung der Körpertheile stattfindet, indem diese zum Theil verflüssigt oder abgestossen und durch die Excremente und den Urin ausgeschieden werden. Ausser zum Wachsthum

oder zur Production von Fleisch, Milch, Wolle, Kraft etc. sind sonach Tag für Tag gewisse Mengen dieser Nährstoffe nöthig, um jenen Abgang zu ersetzen und die nöthigen Neubildungen auszuführen.

Unter den Pflanzentheilen sind immer die Samen am reichsten an Proteïnstoffen und Phosphorsäure, obenan die der Hülsenfrüchte und Oelpflanzen. Der Landwirth weiss aus Erfahrung, dass er von denselben die höchsten Leistungen, so bei der Aufzucht, wie bei Milch-, Mast- und Zugvieh, zu erwarten hat, er betrachtet sie daher mit Recht als Kraftfuttermittel. Blätter und Stengel können nur in ihrer Jugendzeit als solche gelten.

Die vorher angedeuteten Wachsthums- und Erneuerungsprocesse gehen in dem Thierkörper nur vor sich, wenn in demselben eine Temperatur von beiläufig 30^0 R. unterhalten wird. Zur Erzeugung dieser Wärme tragen zwar die stickstoffhaltigen Bestandtheile auch bei, doch nur zu einem sehr kleinen Theile und wenn sie im Ueberschuss gereicht werden. Die eigentlichen Wärmeerzeuger sind die stickstofffreien Bestandtheile der Pflanzen.

830. Stickstofffreie Nährstoffe (Nl = stickstofflose). Diese bilden die Hauptmasse des Pflanzenkörpers und werden wegen ihrer verschiedenen Leistungsfähigkeit im Ernährungsprocesse bei den Futteranalysen in folgende drei Gruppen geschieden:

a) Stickstofffreie Extractstoffe oder Kohlenhydrate. Zu ihnen sind zu rechnen: Zucker, Dextrin, Gummi, Stärke, (Pflanzensäuren und andere). Sie verschwinden, insofern sie verdaulich sind, während ihres Durchganges durch den Körper, indem ihr Kohlenstoff sich mit dem vom Blute aufgenommenen Sauerstoff der eingeathmeten Luft verbindet und als Kohlensäure ausgeathmet, ihr Wasser- und Sauerstoff aber als Wasser durch Lunge, Haut und die Nieren ausgeschieden wird. Man bezeichnet sie daher als Athmungs- oder Respirationsmittel. Bei dieser Verbindung, welche als eine langsame Verbrennung des Kohlenstoffs anzusehen ist und durch die Blutgefässe in allen Körpertheilen vermittelt wird, wird die in diesen wahrzunehmende Wärme entwickelt. Man kann daher die stickstofffreien Nährstoffe auch als die Heizmaterialien für den Thierkörper ansehen.

c) Holzfaser oder Cellulose. Die unlöslichen Wände und Häute der Pflanzenzellen galten bis vor Kurzem als unverdaulich, neuere Versuche haben aber gezeigt, dass nicht bloss von der zarten Pflanzenfaser der jungen Pflanzen, sondern selbst von der harten des Strohes und des Holzes der Bäume beträchtliche Mengen, insbesondere von den Wiederkäuern, bei der Verdauung gelöst werden und an der Ernährung der Thiere Antheil nehmen. Da die Cellulose dieselbe Zusammensetzung hat, wie die Kohlenhydrate Stärke, Zucker etc., so wirkt sie ohne Zweifel wie diese, als Respirationsmittel, doch ist ihre Nährkraft, ihrer schweren Löslichkeit halber, eine weit schwächere.

831. Unorganische Nährstoffe. Die Knochenmasse braucht insbesondere Kalk und Phosphorsäure, das Blut insbesondere Natron und Phosphorsäure, das Fleisch insbesondere Kali und Phosphorsäure, die Milch Kali, Kalk und Phosphorsäure zu ihrer Bildung. Von den Pflanzenarten und Pflanzentheilen zeichnen sich aus: die Samen und Samentheile durch grossen Reichthum an Phosphorsäure; die Knollen und Wurzeln durch grossen Reichthum an Kali; Klee und Hülsenfrüchte durch grossen Reichthum an Kalk etc. (798). Angesichts dieser Verschiedenheiten ist bei der Zusammensetzung der Futtermischungen auch darauf zu achten, dass keine der für den Thierkörper nothwendigen mineralischen Baumaterialien in der Mischung in ungenügender Menge vorhanden sei.

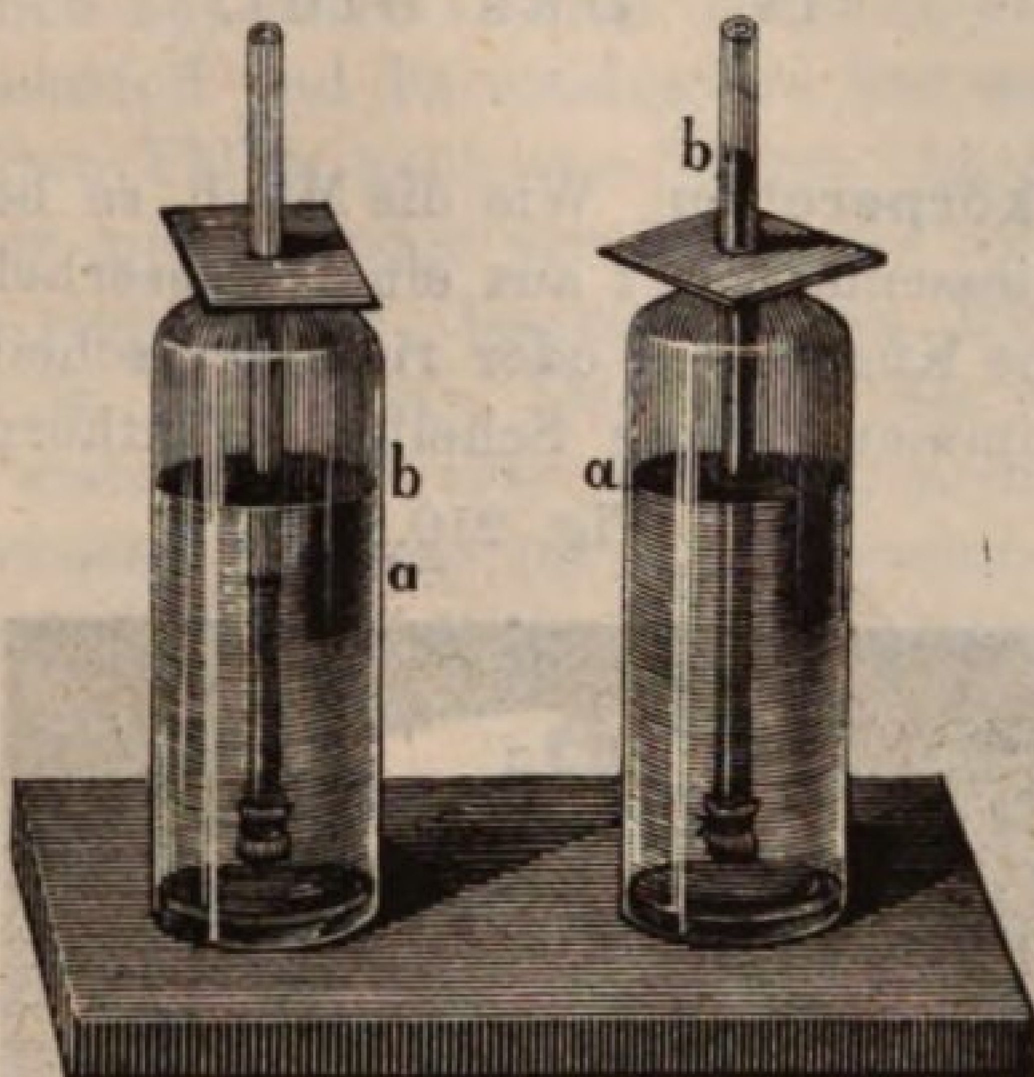
Die Verdauung.

832. Die Vorbereitung zur Lösung der Nahrungsmittel erfolgt schon im Munde, nicht bloss durch die mechanische Zerkleinerung derselben mittelst des Zerkauens, sondern auch chemisch durch die Vermischung mit dem Speichel, welcher neben Schleim und mehren Salzen einen noch nicht genauer gekannten organischen Stoff, Ptyalin oder Speichelstoff, enthält, der wie das Diastas (607) die Kraft besitzt, Stärke in Dextrin und Zucker umzuwandeln.

In dem Magen vermischen sich die genossenen Nahrungsmittel mit dem sauren Magensafte, einer freie Milchsäure,

des Blutes die klare Blutflüssigkeit anwendet, die man erhält, wenn man das Blut aufkocht und die geronnene Masse in einem

Fig. 209.

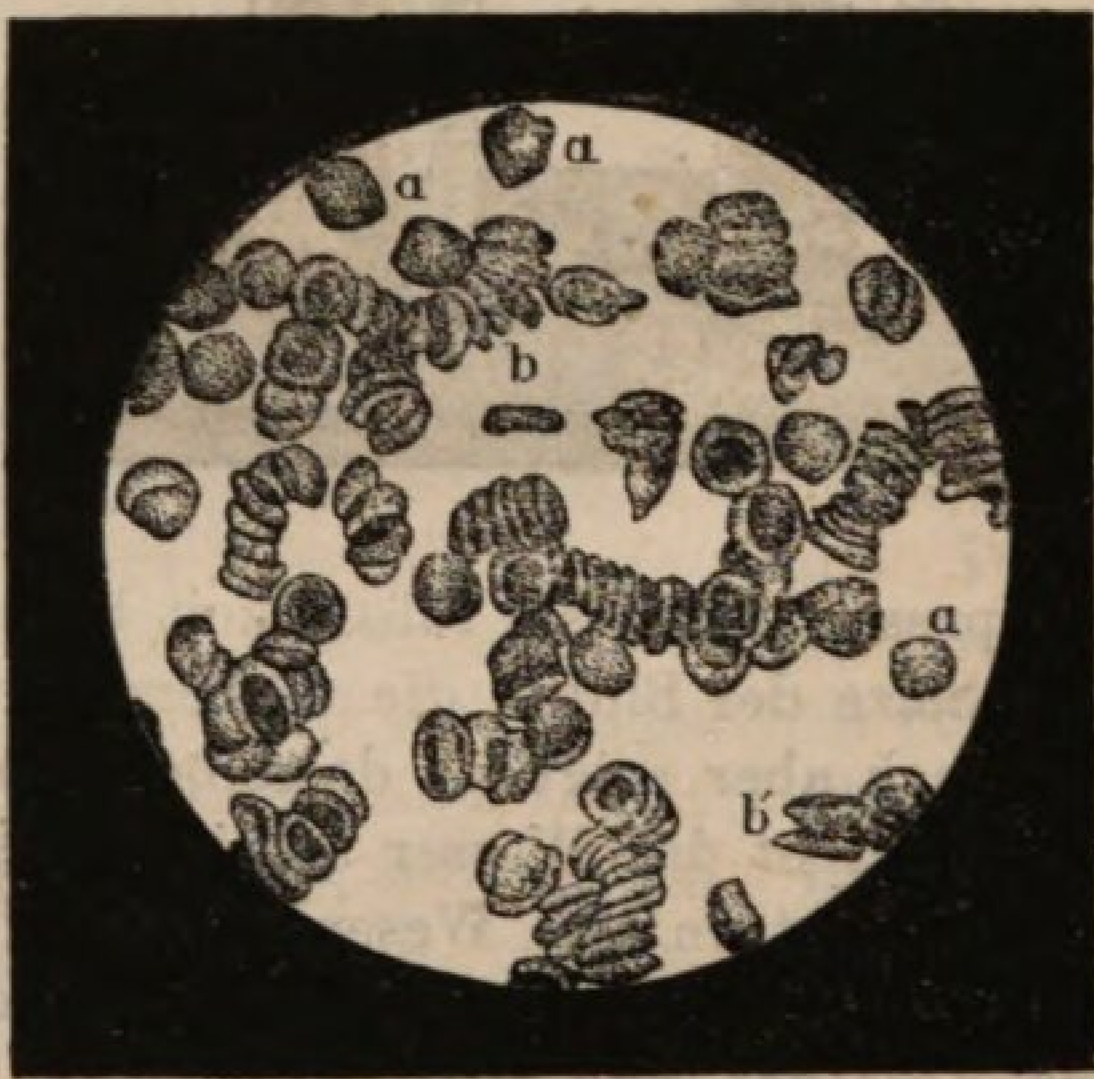


leinenen Tuche abpresst. In dieser Flüssigkeit befinden sich nur noch die löslichen Salze des Blutes, die vorherrschend aus Kochsalz bestehen; dennoch aber zeigt sie dasselbe Verhalten wie das Blut in Substanz, sie zieht das Wasser an sich. Diese Versuche gewähren einige Einsicht in das Wesen des Aufsaugungsprocesses, wie er im Thierkörper stattfindet. Der Magen und der ganze Verdauungscanal sind von Blutgefässen umgeben, in denen sich das Blut mit einer grossen Geschwindigkeit bewegt. Das Blut ist weit salzreicher als der aus den Speisen und Getränken entstehende Magen- und Darminhalt, es findet demnach eine gleiche Endosmose oder Durchschwitzung der Flüssigkeit des letzteren zu dem Blute Statt wie bei obigem Versuche. Durch die Harnwerkzeuge wird das übergeströmte Wasser sogleich wieder aus dem flüssigen Blute entfernt und dieses stets auf einem gleichen Zustande der Concentration erhalten. Hiernach hat also das Kochsalz auch noch wegen der angegebenen physikalischen Eigenschaft eine besondere Bedeutung für das Thierleben.

IV. Das Blut.

834. Blutkörperchen. Wie die Milch, so besteht auch das in den Adern fliessende Blut aus einer wasserhellen Flüssigkeit, in welcher kleine Kügelchen, oder richtiger scheibenförmige Zellen umherschwimmen; diese Scheiben (Blutkörperchen) haben

Fig. 210.



jedoch eine rothe Farbe und sind die Ursache der Farbe des Blutes. Die beistehende Abbildung zeigt die Blutkörperchen in dem menschlichen Blute, wie sie durch starke Vergrösserung erscheinen. Die mit *a* bezeichneten sind platt aufliegend, die mit *b* bezeichneten hingegen aufgerichtet. Ein Cubikmillimeter enthält wohl 5 Millionen solcher Körperchen. Ausserdem findet man in dem Blute unter dem Mikroskop noch farblose Kügelchen, welche theils Fetttröpfchen, theils Chyluskörperchen sind.

835. Blutkuchen und Blutwasser. *Versuch.* Lässt man das Blut eines Thieres ruhig in einem Gefässe stehen, so erleidet es binnen kurzer Zeit eine Veränderung: es gerinnt nämlich zu einer dunkelrothen Gallerte (Blutkuchen), die sich bei

längerem Stehen zusammenzieht und eine gelbliche Flüssigkeit ausscheidet (Blutwasser oder Blutserum). Wird das Blutwasser bis zum Kochen erhitzt, so gerinnt es zu einer weissen Gallerte: es besteht nämlich aus einer Lösung von Eiweiss; auch kleine Mengen von Harnstoff und Bernsteinsäure hat man darin gefunden, in besonderen Fällen auch von Zucker. In dem Blutkuchen sind zwei Körper mit einander vereinigt: die rothen Blutkörperchen und eine weisse, faserige Masse, Blutfibrin. So lange das Blut in den Adern bleibt, ist das Fibrin, wie das Eiweiss, gelöst, ersteres wird aber unlöslich, so wie das Blut den Thierkörper verlassen hat. Die bis jetzt genannten Bestandtheile des Blutes ändern sich beim ruhigen Stehen desselben in folgender Weise um:

Aus	Wasser, Eiweiss,		Blutkörperchen, Fibrin
entsteht:	Blutwasser	und	Blutkuchen.

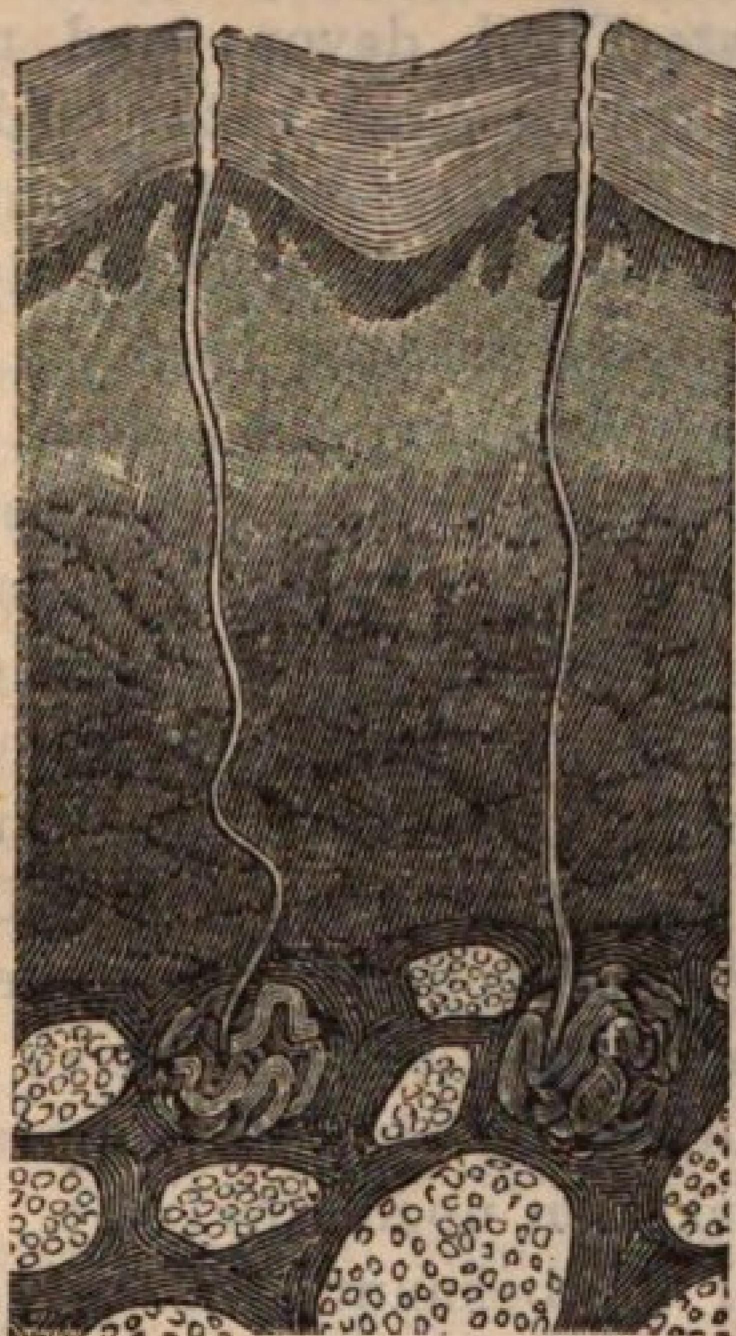
836. Blutfibrin. *Versuch.* Wird das frisch aus der Ader kommende Blut während des Erkaltens gequirlt oder geschlagen, so gerinnt es nicht; das Fibrin wird zwar auch unlöslich, aber als eine fadenartig zusammenhängende Masse, die mit Wasser lange geknetet, endlich weiss wird und nach dem Trocknen eine den Fleischfasern ähnliche Beschaffenheit zeigt. In der That kann es auch als halbfertiges Fleisch angesehen werden, da es mit diesem eine grosse Aehnlichkeit und eine gleiche Zusammensetzung hat und aus ihm sich jedenfalls das Fleisch des Thierkörpers bildet. Andererseits kommt es wieder mit dem geronnenen Eiweiss in seinen chemischen Eigenschaften nahe überein. Nach neueren Untersuchungen nimmt man an, dass das Blut, so lange es in dem Körper circulirt, zwei eigenthümliche Eiweisskörper, von denen der eine fibroplastische, der andere fibrogene Substanz benannt worden, enthalte, dass diese aber ausserhalb des Körpers alsbald zu unlöslichem Fibrin zusammentreten. Das übrig bleibende Blut behält nach der Ausscheidung des Fibrins seine rothe Farbe und gesteht erst beim Kochen zu einer Gallerte von dunkelrother Farbe, wie man diese in der sogenannten Blutwurst wahrnimmt. Die beim Quirlen des Blutes eintretende Veränderung des Blutes ist hiernach folgende:

Wasser, Eiweiss, Blutkörperchen	Fibrin
bleiben flüssig.	wird fest.

englisches Pflaster, oder aber, mit Fruchtsäften und Zucker vermengt, zur Bereitung von Gelées gebraucht wird. Zu letzterem Zwecke wird auch feingeraspeltes Hirschgeweih benutzt.

851. Haut des Thierkörpers. Der ganze Körper der Thiere ist äusserlich von der festen elastischen Haut umgeben, die aus einem dichten Gewebe von Zellen und Fasern besteht und aus mehren über einander liegenden Schichten zusammengefügt ist. Die nebenstehende Figur stellt einen Durchschnitt der menschlichen Haut unter sehr starker Vergrösserung mit ihren drei Hauptschichten: Oberhaut, Lederhaut und Unterhautzellgewebe, dar. Die erstere besteht aus der Hornschicht *a*, die den äussersten, abgestorbenen, sich immer abschuppenden Theil der Haut bildet, und aus der dieselbe fort und fort neu erzeugenden Schleimhaut *b*. Unter dieser liegt die Lederhaut *c*, die eigentliche Hauptmasse der Haut, welche aus sehr festen Bindegewebsfasern besteht. Der unterste Theil, das Unterhautzellgewebe *d*, mit den eingeschlossenen Fettmassen *e*, hat zweierlei Arten von kleinen Canälen oder Drüsen, von denen die einen (durch die sogenannten Poren der Haut) eine wässerige, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Kohlensäure, Harnstoff, Kochsalz etc. enthaltende Flüssigkeit, den Schweiss, die anderen eine fettige Masse, die Hautschmiere, absondern. Der thierische Körper des Menschen und der warmblütigen Thiere hat bekanntlich immer eine constante Temperatur von nahezu 40° C. und wird nicht heisser, selbst wenn eine doppelt so starke Sonnenhitze oder heisse Luft auf ihn einwirkt, oder wenn er starker Bewegung und Anstrengung ausgesetzt wird; wohl aber schwitzt er unter solchen Umständen stärker. Die Ausdünstung

Fig. 213.



857. Weissgahres Leder. Auf eine andere Weise verwandelt man Häute in Leder durch den Einfluss gewisser Salze, am häufigsten durch Einlegen in eine Lösung von Alaun und Kochsalz, und nachheriges Durcharbeiten (Walken) mit Fischthran und anderen Fetten; das auf diese Weise dargestellte Leder ist weiss von Farbe und weicher und geschmeidiger als das vorige (Weissgerberei). Noch weicheres, sogenanntes Wasch- oder Sämischleder erhält man, ohne Anwendung von Lohe oder Alaun, durch blosses, anhaltendes Walken der Häute mit Fetten. So verwandeln auch die Indianer Thierfelle in weiches Leder, indem sie dieselben mit dem in heissem Wasser aufgeweichten Gehirn von Thieren so lange durchkneten, bis sich das in diesem enthaltene Fett in die Felle eingezogen hat.

Pergament. Spannt man die aufgeweichten und reingeschabten Thierhäute in Rahmen aus und reibt sie während des Trocknens mit Bimsstein, bis sie ganz eben geworden sind, so erhält man daraus das dünne, durchscheinende, steife und elastische Pergament (sogenanntes Schweinsleder). Durch Einreiben von Kreide wird dasselbe weiss und undurchsichtig, durch Anstreichen mit Bleiweiss und Firniss glänzend und glatt (Schreibeperpament).

Enthaaren der Häute. Bevor die Thierhäute der einen oder anderen der hier angegebenen Operationen unterworfen werden können, müssen sie von den Haaren befreit werden. Dies geschieht auf eine einfache Weise durch Abschaben, nachdem die Oberfläche der Haut entweder durch den Einfluss von feuchter Wärme oder von Aetzkalk in Zersetzung übergegangen ist. Auch Calciumsulfhydrat kann hierzu gebraucht werden (521).

IX. Die hornartigen Gewebe.

858. Die Haare, die Wolle, die Borsten und Federn, das Fischbein und Schildpatt, die Klauen, Hufe, Nägel, Hörner, Schuppen etc., die bei vielen Thiergattungen ent-

ohne Höhlung. Hier und da hängt demselben jedoch eine eiweissähnliche Substanz an, die ihn unegal macht. Durch

Fig. 214.



Fig. 215.

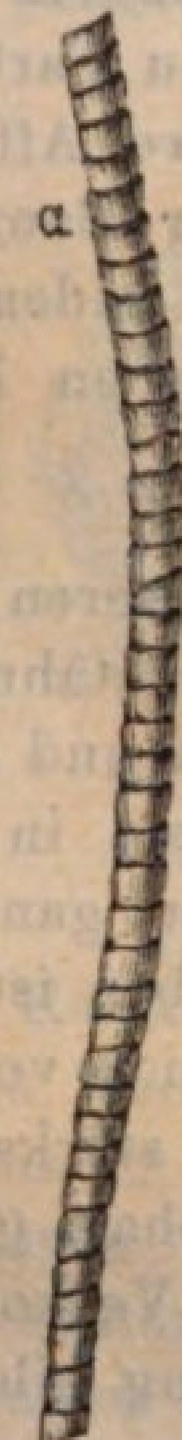


Fig. 216.



anhaltendes Kochen mit Wasser scheidet sich die Seide in einen löslichen Körper (Sericin oder Seidenleim) und in einen unlöslichen (Fibroïn). Vergleicht man diese Haare mit den in Fig. 167 und Fig. 168 abgebildeten Fasern des Flachses und der Baumwolle, so gewahrt man leicht, dass sich diese Gespinnstfasern durch das Mikroskop sehr genau von einander unterscheiden lassen. Die stickstoffreiche Wolle hat auch noch das Charakteristische, dass sie durch Salpetersäure gelb gefärbt wird, was mit der Leinen- und Baumwollenfaser nicht der Fall ist. Die gleichfalls stickstoffreiche Seide verhält sich in dieser Beziehung der Wolle gleich. Soll die Wolle versponnen, verwebt und gefärbt werden, so muss ihr zuerst ihr Fett entzogen werden; dies geschieht in den Wollspinnereien entweder durch Waschen mit gefaultem, kohlensaures Ammoniak enthaltendem Urin oder mit einer schwachen Seifen- oder Sodalösung. Aetzlauge darf natürlich hierzu, wie zu wollenen Waaren überhaupt, nicht

angewendet werden, da sie, wie oben angegeben, dieselben auflösen würde. Die gelbliche Farbe der Wolle und Seide lässt sich durch Schwefeln, d. h. durch Behandlung mit schwefliger Säure, in eine weisse umwandeln (Chlor ist zum Bleichen von beiden nicht anwendbar). Zu Farbstoffen hat die Wollen- und Seidenfaser eine viel grössere Affinität, als die vegetabilische Faser des Leinens oder der Baumwolle, und darin liegt der Grund, weshalb wollene und seidene Stoffe sich ungleich leichter und ächter (dauerhafter) färben lassen, als baumwollene und leinene.

860. Chitin. Ihrer äusseren Aehnlichkeit wegen mag hier noch der horn- oder pergamentähnlichen Masse gedacht werden, aus welcher die Flügeldecken und Panzer der Käfer und anderer Insecten bestehen, obwohl sie in ihrer Zusammensetzung und ihrem chemischen Verhalten ganz verschieden von den vorerwähnten hornartigen Geweben ist. Sie hat den Namen Chitin erhalten und unterscheidet sich von den letzteren durch vollkommene Unlöslichkeit, selbst in stärkster Kalilauge, wie durch einen weit niedrigeren Stickstoffgehalt (6 bis 6,5 Proc.). Concentrirte Schwefelsäure löst es ohne Verkohlung auf; beim Kochen der mit Wasser verdünnten Lösung bildet sich Zucker und Ammoniak.

X. Das Knochengewebe.

861. Knochen. Das feste, harte Knochengewebe bildet das Gerüst der Wirbelthiere und den Träger und die Stütze der anderen Gewebe (Weichtheile) und Organe des Thierkörpers. Die Knochen bestehen aus einer strahlenförmigen, biegsamen Zellenmasse, Knochenknorpel oder Leimsubstanz genannt, zwischen welcher sich reichliche Mengen von phosphorsaurem Kalk nebst etwas kohlensaurem Kalk (Knochenerde) abgelagert haben. Diese beiden Hauptbestandtheile sind in den Knochen zu einer

864. Knochenkohle und Salzsäure. *Versuch.* Wird die Knochenkohle mit verdünnter Salzsäure übergossen und einige Zeit an einen warmen Ort gestellt, so löst sich die Knochenerde auf und die Kohle kann abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet werden. Man erhält von 100 Grm. Knochenkohle nur 10 bis 12 Grm. reine Kohle; diese besitzt aber, ihrer ausserordentlich feinen Zertheilung wegen, eine so auffallend entfärbende Kraft, dass 100 Grm. Knochenkohle ungleich kräftiger wirken als eine gleiche Menge Holzkohle. Versetzt man die abfiltrirte Flüssigkeit mit Ammoniak, so fällt der aufgelöste phosphorsaure Kalk als ein weisses Pulver daraus wieder nieder, weil die Salzsäure durch das Ammoniak neutralisirt wird und damit die Fähigkeit verliert, die Knochenerde aufgelöst zu erhalten. Der zweite Bestandtheil der Knochenerde, der kohlensaure Kalk, der sich bei der Behandlung der Knochenkohle mit Salzsäure in salzsauren Kalk (Chlorcalcium) umwandelt, wird durch Ammoniak nicht niedergeschlagen, wohl aber durch Zusatz von Oxalsäure zu der von dem phosphorsauren Kalk abfiltrirten Flüssigkeit.

865. Knochenknorpel. *Versuch.* Man lege einen Knochen in ein Glas und übergiesse ihn mit verdünnter Salzsäure: der Knochen wird nach und nach weich und durchscheinend werden und endlich in eine knorpelige, durchscheinende Masse übergehen. Wie die Salzsäure wirkt, ist aus dem vorigen Versuche zu ersehen: sie löst die Knochenerde auf und die Leimsubstanz bleibt übrig, da sie in Salzsäure wie in Wasser unlöslich ist. Nimmt man die letztere aus der Säure heraus und kocht sie, nach vorherigem Auswässern, einige Zeit mit Wasser, so geht sie in Leim über, und man erhält eine Lösung, die beim Erkalten gerinnt. Diese Methode wird in manchen Fabriken angewendet, um Leim aus Knochen zu bereiten. Die saure Knochenerdelösung wirkt durch ihren Phosphorsäuregehalt als ein kräftiges Düngemittel. Dass in ihr die Knochenerde wirklich gelöst ist, erkennt man leicht durch Zusatz von Ammoniak.

Ausziehung durch Wasser und Wasserdampf. Beim Auskochen der Knochen mit Wasser wird ausser dem Fette, das in allen Knochen vorhanden ist, nur die in den äusseren Theilen liegende Knorpelsubstanz als Leim ausgezogen; vollständiger erfolgt diese Ausziehung, wenn man das Auskochen in

verschlossenen Gefässen (Papinianischen Töpfen) vornimmt, da das Wasser in diesem Falle durch den höheren Druck bis ins Innere der Knochen getrieben wird. Ebenso wirkt Dampf von höherer Spannung. Nach beiden Methoden stellt man Leim im Grossen dar. Lässt man die Einwirkung des gespannten Wasserdampfes nur kurze Zeit andauern, so wird vorzugsweise nur das Fett der Knochen ausgezogen, welches sich gut zur Seifenbereitung eignet. Die entfetteten Knochen sind erst weich und biegsam, werden aber nach dem Austrocknen so spröde und zerreiblich, dass sie sich zwischen eisernen Walzen leicht zu einem ganz feinen Pulver zermahlen lassen, während die rohen, nicht entfetteten Knochen hierbei schmierig und klebrig werden. Solches gedämpftes Knochenmehl wird jetzt vielfach zur Düngung verwendet.

866. Knochenmehl. Die zu einem gröblichen Pulver zerstampften Knochen stellen das als Düngemittel vielfach benutzte gewöhnliche Knochenmehl des Handels dar. Kommt dasselbe in gehörig zerkleinertem Zustande in die Erde, so geht es in Fäulniss über und es erzeugt sich aus seiner Leimsubstanz das das Wachsthum der Stengel und Blätter vermehrende und beschleunigende Ammoniak, während gleichzeitig auch der phosphorsaure Kalk in Lösung übergeht, der insbesondere auf die Entwicklung der Samen günstig einwirkt, da diese eine beträchtliche Menge davon zu ihrer Ausbildung nöthig haben. Ist das Knochenmehl zu grob, so erfolgt seine Zersetzung und Lösung im Erdboden zu langsam und es entwickelt seine düngende Wirkung erst im zweiten oder dritten Jahre, oder noch später. In ganzen Stücken können die Knochen Jahrhunderte, ja Jahrtausende in der Erde liegen, ohne dass sie ihren Leimgehalt völlig verlieren, wie die fossilen Knochen zeigen, die häufig noch 10 bis 15 Proc. Leimsubstanz enthalten. Durch sehr feines Pulvern, sowie durch die im Vorigen beschriebene Behandlung der Knochen mit gespannten Wasserdämpfen, oder mit Schwefelsäure, werden dieselben vortheilhaft so verändert, dass sie ihre düngende Wirkung schneller zu entwickeln vermögen.

Aufnehmen (Essen, Trinken und Athmen), Verändern (Verdauen, Assimiliren) und Ausscheiden (Secerniren, Excerniren) von luftförmigen, flüssigen und festen Stoffen.

2) In chemischer Hinsicht unterscheidet sich das Thierleben von dem Pflanzenleben hauptsächlich durch ein ununterbrochenes Einsaugen von Sauerstoff und Ausscheiden von Kohlensäure und Wasser. (Unter den Infusionsthierchen giebt es jedoch einige Arten, welche Sauerstoff ausathmen). Während des Lebens der Pflanzen dagegen wird Kohlensäure und Wasser aufgenommen und Sauerstoff abgesondert.

3) Zur Ernährung des Thierkörpers dienen, ausser Wasser, Luft und einigen Salzen, nur solche Stoffe, welche durch das Pflanzen- oder Thierleben erzeugt wurden. Die Pflanze verzehrt Kohlensäure, das Thier Pflanzenfaser, Zucker, Gummi, Fett etc.; die Pflanze verzehrt Ammoniak oder Salpetersäure, das Thier eiweissartige Stoffe, z. B. Kleber, Eiweiss, Caseïn, Fleisch, Blut etc.

4) Die erste Reihe der genannten Nahrungsmittel, die der kohlenstoffreichen, dient zur Unterhaltung des Athmungs- oder Zerstörungsprocesses und zur Erzeugung der thierischen Wärme (Respirationsmittel); die zweite Reihe, die der stickstoffreichen Nahrungsmittel, dient zur Unterhaltung des Ernährungs- oder Bildungsprocesses (plastische Nahrungsmittel).

5) Die Thierstoffe können eingetheilt werden

I. Nach ihrer Elementar-Zusammensetzung:

a) in stickstofffreie (Fett, Milchzucker etc.);
b) in stickstoffhaltige, eiweissartige Stoffe (Eiweiss, Caseïn, Fleisch, Fibrin etc.);
c) in stickstoffhaltige, leimgebende Stoffe (Leimsubstanz der Knochen, Bänder, Zellen, Knorpel etc.);
d) in stickstoffhaltige Excretionsstoffe (Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure etc.).

II. Nach ihrem Vorkommen und ihrer Erzeugung im Thierkörper:

a) in Producte des Verdauungsprocesses;
b) „ „ „ Athmungsprocesses;
c) in Bestandtheile des rothen Blutes;
d) „ „ des weissen Blutes (Lymphe);
e) „ „ des Fleisches etc.;

f) in Bestandtheile der Knochen etc.;
g) „ „ der Haut, der Haare etc.;
h) „ „ der Secretions- und Excretionsproducte (Galle, Milch, Urin etc.).

6) Die Veränderungen der Thierstoffe durch den Einfluss der Wärme, des Wassers, der Luft, der Säuren, Basen etc. kommen mit den S. 751 angegebenen der Pflanzenstoffe, insbesondere der stickstoff- und schwefelhaltigen, überein; sie übertreffen diese an Mannichfaltigkeit, da sie noch zusammengesetzter sind als die Pflanzenstoffe. Die neuere Chemie macht keinen Unterschied mehr zwischen Thier- und Pflanzenstoffen, sondern fasst die Verbindungen beiderlei Ursprungs, nach ihrer näheren Constitution und ihren charakteristischen Umwandlungen geordnet, als organische Chemie oder Chemie der Kohlenstoffverbindungen zusammen.

7) Die von selbst eintretenden Veränderungen der Thier- und Pflanzenstoffe können aufgehalten werden:

a) durch Entfernung des Wassers (Trocknen, Darren, Backen etc.);
b) durch Abschluss der Luft (Appert's Conservationsmethode, Aufbewahrung von Bier, Wein etc. in verschlossenen Flaschen, Abschluss der Luft durch Oel, Fett etc.);
c) durch Erniedrigung der Temperatur bis unter den Gefrierpunkt (Conservation in Eiskellern etc.);
d) durch Fäulniss hemmende Stoffe, z. B. Kochsalz, Salpeter (Einpöckeln, Einsalzen), Holzessig, Kreosot (Räuchern), Weingeist, Zucker, Kohle; durch Arsenik-, Quecksilber- und andere Metallverbindungen.

heiss gelb, erkaltet aber weiss aussieht (Zinkoxyd 424); Kobaltauflösung färbt denselben beim Glühen grün.

2. Mangansalze.

Kali und Ammoniak: weisslicher, bald bräunlich und zuletzt schwarzbraun werdender, im Ueberschusse des Fällungsmittels unlöslicher (Unterschied von Zink) Niederschlag (Manganoxydulhydrat 414). Salmiak verhindert die Fällung.

Mennige und NO_5 mit einem Tropfen Lösung gekocht, liefert eine nach dem Erkalten schön rothe Flüssigkeit (417).

Löthrohr: mit Soda und einer Spur Salpeter auf Platinblech oder Draht geschmolzen, entsteht eine heiss grüne, erkaltet blaugrüne Masse (mangansaures Natron); nach dem Erkalten amethystrothe Boraxperle.

3. Nickelsalze.

Kali: hellgrüner Niederschlag (Nickeloxydulhydrat 421), nach dem Auswaschen in kohlensaurem Ammon mit grünlichblauer Farbe löslich, daraus durch Kali wieder gefällt werdend.

Salpetrigsaures Kali und Essigsäure: keine Fällung (Unterschied von Kobalt).

4. Kobaltsalze.

Kali: blauer, allmälig grün werdender Niederschlag (420).

Salpetrigsaures Kali und Essigsäure: bei gelinder Erwärmung entsteht, in verdünnten Lösungen erst spät, ein gelber, krystallinischer Niederschlag (salpetrigsaures Kobaltoxyd-Kali).

Löthrohr: mit Borax geschmolzen, entsteht eine blaue Perle (Kobaltglas 419).

5. Eisenoxydulsalze.

Ammoniak: weissgrünlicher, bald schwarzgrün und zuletzt rothbraun werdender Niederschlag (Eisenoxydulhydrat 402); Ammoniaksalze verhindern die Fällung.

Blutlaugensalz: weissbläulicher, endlich dunkelblau werdender Niederschlag (410). Rothes Blutlaugensalz: dunkelblauer Niederschlag (Berlinerblau 411).

Galläpfeltinctur: violetter, endlich blauschwarz werdender Niederschlag (gerbsaures Eisenoxydul 405). Löthrohr: mit Borax (i. Fl.) flaschengrüne Perle, (a. Fl.) gelbe bis braunrothe Perle.

fern sie Chlormetalle und geben nun mit Silberlösung einen weissen, käsigen Niederschlag (S. 812 Nr. 1).

9. Jod- (und Brom-) Metalle.

Silberlösung: gelblicher, in NH_3 schwer löslicher Niederschlag (AgJ oder AgBr).
Salpetersaures Palladiumoxydul und Palladiumchlorür: dunkelbrauner Niederschlag (PdJ). Wesentlicher Unterschied von Chlor (keine Fällung) und Brom (nur mit dem ersteren einen Niederschlag).
Stärkekleister und Salpetersäure: blaue Färbung (Jodstärke 178).

10. Kohlensaure Salze.

Salzsäure entwickelt daraus unter Brausen ein geruchloses Gas (201).
Kalkwasser wird durch sie milchig (kohlensaurer Kalk 127).

11. Schwefelmetalle.

Salzsäure entwickelt aus allen löslichen und vielen unlöslichen Schwefelwasserstoff, am Geruche (146) und Verhalten zu Bleipapier (147) kenntlich.
Schmilzt man sie mit Aetzkali zusammen, löst in Wasser und betupft eine Silbermünze mit der Lösung, so entsteht ein schwarzer Fleck von Schwefelsilber.
Durchs Löthrohr erhitzt, erzeugt sich aus vielen ein stechender Geruch nach schwefliger Säure (142. 217).

12. Salpetersaure Salze.

Indigolösung und Schwefelsäure: beim Kochen wird die schwach blau gefärbte Flüssigkeit durch die in Freiheit gesetzte Salpetersäure entfärbt (189).
Schwefelsaures Eisenoxydul: versetzt man die Lösung mit etwas Schwefelsäure und wirft nach dem Erkalten einen Krystall von Eisenvitriol hinein, so färbt sich derselbe an den Rändern schwarzbraun (401).
Löthrohr: auf Kohle erhitzt, verpuffen sie (140).
Zink und verdünnte Schwefelsäure reducirt die Salpetersäure zu salpetriger Säure; nach halbstündiger Einwirkung wird die Flüssigkeit durch Jodstärkekleister (160) blau gefärbt. So lassen sich die geringsten Mengen Salpetersäure in eingedampften Regen-, Quellwässern und wässerigen Bodenauszügen nachweisen.

Optische Reactionserscheinungen,

durch welche gewisse mineralische Substanzen beim Glühen in einer Gas- oder Weingeistflamme erkannt werden können.

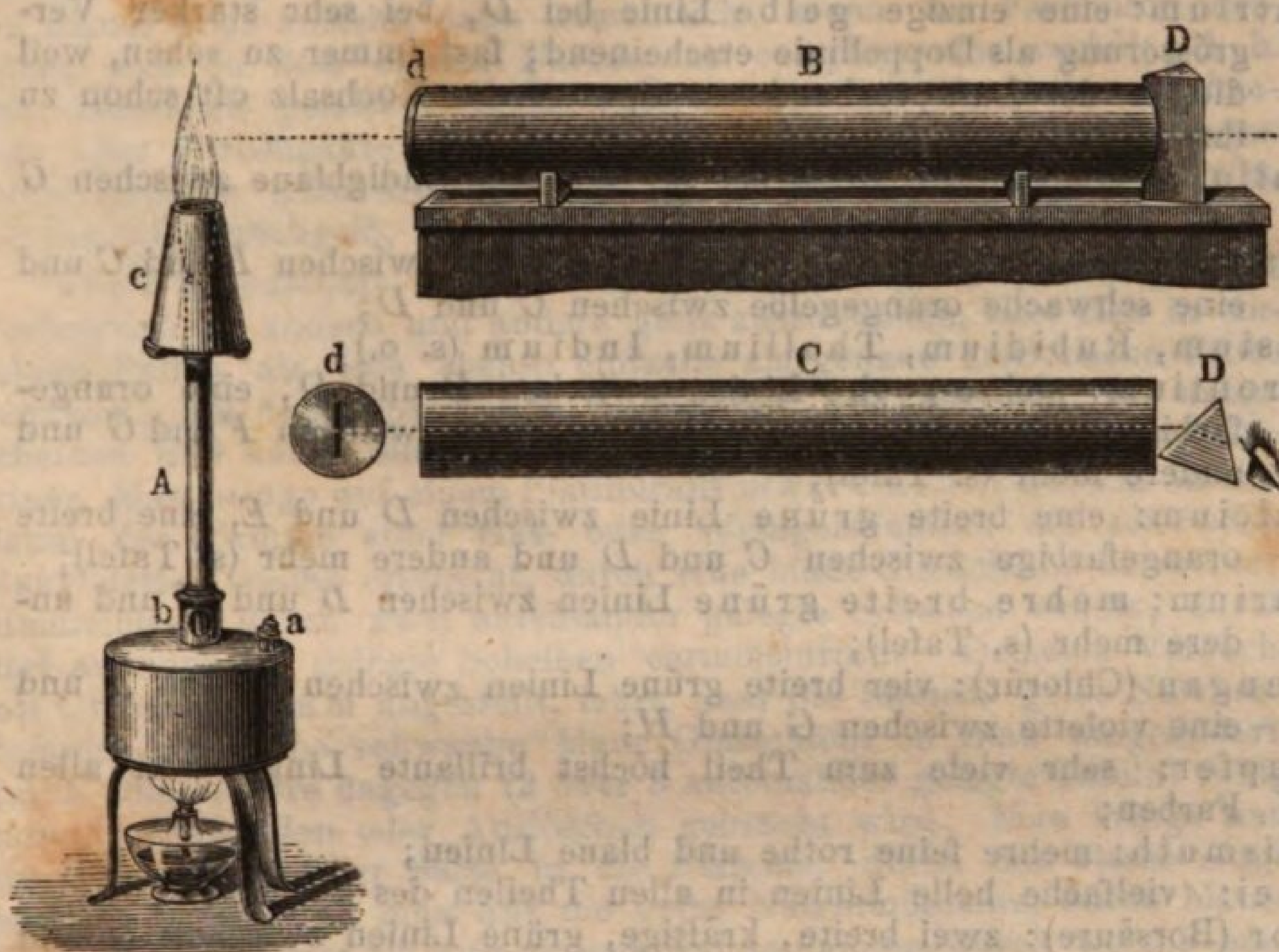
I. Spectralprobe.

Ein farbloser Sonnenstrahl wird bekanntlich beim Durchgehen durch ein Prisma in Strahlen von verschiedener Farbe und Brechbarkeit zerstreut, welche, auf eine Fläche geworfen, ein längeres, regenbogenfarbiges Bild, das Sonnenspectrum, darstellen. Durch ein Fernrohr gewahrt man in diesem eine sehr grosse Anzahl theils stärkerer, theils schwächerer dunkler Querstreifen, die sogenannten Fraunhofer'schen Linien. Da diese Linien immer an derselben Stelle des Spectrums auftreten, so hat man acht davon, welche eine besondere Deutlichkeit besitzen, mit den Buchstaben A bis H bezeichnet, um sie als feste Orientirungspunkte benutzen zu können. (S. die oberste Farbenscale der folgenden Tafel.)

In gleicher Weise erhält man auch von einer Gas- oder Lichtflamme ein Spectrum, wenn man einen Strahl davon durch einen engen Spalt und dann durch ein Prisma fallen lässt. Bringt man in die Flamme solche Substanzen, welche ihr eine besondere Färbung ertheilen, z. B. Kochsalz, das sie gelb färbt, oder Kali-, Strontian- oder Lithionverbindungen, die ihr eine rothe Farbe ertheilen, so treten auch in den Farben des Spectrums Aenderungen ein, und es kommen insbesondere an bestimmten Stellen des letzteren leuchtende und gefärbte Streifen oder Linien zum Vorschein. Für manche Körper, namentlich die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden, sind diese „Spectrallinien“ nach Farbe und Ort so charakteristisch, dass sie als Reactionserscheinungen der einfachsten und empfindlichsten Art zur Auffindung und Unterscheidung dieser Metalle, selbst wenn sie mit einander vermischt vorkommen, benutzt werden können. Die Genauigkeit dieser Prüfungsmethode (Spectralanalyse) geht fast ins Unglaubliche, denn es ist erwiesen, dass sich mittelst derselben noch Hunderttausendstel, ja Milliontel eines Milligramm von einigen dieser Metalle deutlich erkennen lassen.

die meisten Erscheinungen schon durchs blosse Auge wahrnehmen. (Näheres darüber und dessen leichte Anfertigung siehe im Archiv der Pharmacie 1862. S. 233.)

Fig. 219.



Die zu prüfenden Körper werden in die Mitte zwischen dem äussersten und innersten Flammenkegel und zwar 2 bis 3 Messerrückenbreiten über oder unter der Spitze des letzteren in die Flamme gebracht. Weil nur flüchtige Verbindungen helle Spectrallinien hervortreten lassen, so mischt man Silicate vorher mit Gyps zusammen; phosphorsaure Salze des LiO, BaO, SrO und CaO werden mit HCl betupft. In gleicher Weise sind nichtflüchtige Verbindungen bei der unten zu besprechenden Flammenprobe aufzuschliessen (S. 822).

Auf der beigegebenen farbigen Reactionstafel sind die charakteristischen Partien des Spectrums der Alkalimetalle: Kalium und Natrium, und der Erdalkalimetalle: Strontium, Calcium und Barium abgebildet, wie solche zum Vorschein kommen, wenn man deren Chlorverbindungen zur Analyse verwendet. Das oberste Spectrum ist das des Sonnenlichtes nebst den Fraunhofer'schen dunklen Hauptlinien *A* bis *H*, deren man sich zur Ortsbestimmung der hellen Spectrallinien bedient. Bei den grossen Spectralapparaten befindet sich im Spalte eine photographische Zahlenscala, deren Bild (s. die Tafel) auf das Spectrum zu liegen kommt und zur weiteren Orientirung dient. Da ein Körper meist mehre farbige Li-

nien giebt, so unterscheidet man dieselben durch kleine griechische Buchstaben (z. B. Kaliumlinien α und β). Es lassen sich die hellen Spectrallinien, wie die sonst noch ermittelten Reactionserscheinungen, in der Kürze etwa, wie folgt, zusammenfassen. Es geben die in der Gühhitze flüchtigen Verbindungen von

Natrium: eine einzige gelbe Linie bei *D*, bei sehr starker Vergrösserung als Doppellinie erscheinend; fast immer zu sehen, weil die in der Luft vorhandenen Spuren von Kochsalz oft schon zu ihrer Entstehung hinreichen (s. Tafel);

Kalium: eine rothe Linie bei *A*, und eine indigblaue zwischen *G* und *H* (s. Tafel);

Lithium: eine intensive carminrothe Linie zwischen *B* und *C* und eine schwache orangegelbe zwischen *C* und *D*;

Cäsium, Rubidium, Thallium, Indium (s. o.);

Strontium: mehre rothe Linien zwischen *B* und *D*, eine orangefarbige zwischen *C* und *D*, eine hellblaue zwischen *F* und *G* und andere mehr (s. Tafel);

Calcium: eine breite grüne Linie zwischen *D* und *E*, eine breite orangefarbige zwischen *C* und *D* und andere mehr (s. Tafel);

Barium: mehre breite grüne Linien zwischen *D* und *F* und andere mehr (s. Tafel);

Mangan (Chlorür): vier breite grüne Linien zwischen *D* und *E* und eine violette zwischen *G* und *H*;

Kupfer: sehr viele zum Theil höchst brillante Linien von allen Farben;

Wismuth: mehre feine rothe und blaue Linien;

Blei: vielfache helle Linien in allen Theilen des Spectrums;

Bor (Borsäure): zwei breite, kräftige, grüne Linien zwischen *D* und *E* und zwei schwächere blaue;

Fluor (Flussspath); eine hellblaue Linie zwischen *D* und *E* neben der grünen Calciumlinie;

Selen: viele gleichweit von einander stehende dunkle Linien zwischen *D* und *H*.

An den Verbindungen von Magnesium, Aluminium, Eisen und den meisten schweren Metallen sind eigenthümliche Spectra bis jetzt noch nicht entdeckt worden, muthmasslich wird man aber bei höheren Hitzgraden etc. solche auch noch zum Vorschein bringen.

II. Flammenprobe.

Zur Anstellung dieser Proben verschafft man sich eine kleine grüne, rothe und violette Glasscheibe und einige blaue Scheiben, wie man solche jetzt überall im Handel findet und zu Fensterverzierungen verwendet. Betrachtet man durch ein solches Glas, beispielsweise durch das blaue, einen weissen Gegenstand, so erscheint er blau, weil von den prismatischen Strahlen des weissen (farblosen) Lich-

tes nur die blauen von dem blauen Glase durchgelassen, die anderen aber absorbirt werden. Betrachtet man einen rothen Gegenstand durch das blaue Glas, so erscheint er violett, weil in diesem Falle blaue und rothe Strahlen durch das Glas gehen und ins Auge gelangen. In einem dritten Falle kann die Farbe eines Körpers ganz verschwinden, gleichsam ausgelöscht werden, wenn man ihn durch ein blaues Glas ansieht, dann namentlich, wenn der Farbenton desselben sich zu dem blauen Farbentone complementär verhält, d. h. mit demselben gemischt Weiss liefert. Als complementäre Farbentöne oder Farbenpaare solcher Art sind nach neueren Untersuchungen unter anderen anzusehen: Roth — Grünlichblau, Purpurroth — Grün, Violett — Grünlichgelb, Indigblau — Gelb, Cyanblau — Goldgelb.

Diese Eigenschaft der durchsichtigen, farbigen Gläser, gewisse Farbentöne zu ändern und andere ganz auszulöschen, lässt sich in einzelnen Fällen als eine ebenso einfache als genaue analytische Probe benutzen, um flammenfärbende Substanzen von einander zu unterscheiden und neben einander zu erkennen. So z. B. Kalium und Natrium. Man bringe auf einem Platindraht etwas Chlorkalium in den Saum der Flamme einer Gas- oder Weingeistlampe: die schwache, blauviolette Flamme erscheint, durch eine blaue Glasscheibe betrachtet, himmelblau, durch zwei aufeinander gelegte Scheiben violett, durch drei aufeinander gelegte Scheiben carmoisinroth. Derselbe Versuch, mit Chlornatrium angestellt, lehrt, dass die intensiv gelbe Natriumflamme durch eine schwache blaue Glasschicht in Blau umgeändert, durch eine dickere dagegen (2 oder 3 aufeinander gelegte Tafeln) völlig zum Verschwinden oder Auslöschen gebracht wird. Man bringe nun ein Gemenge beider Salze in die Flamme: durch das blosse Auge betrachtet, erkennnt man nur die gelbe Natriumflamme, durch blaues Glas betrachtet, nur die roth-violette Kaliumflamme, durch welche man noch das Kalium neben Natrium zu entdecken vermag, wenn es auch nur $1/_{200}$ von letzterem beträgt. Leuchtende, d. h. glühenden Kohlenstoff enthaltende Flammen (Kerzen- oder Oelflammen) erscheinen, durch blaues Glas betrachtet, ebenfalls violett, sie sind daher zu Versuchen dieser Art nicht zu benutzen.

Als charakteristische Flammenänderungen sind etwa die folgenden zu bezeichnen. Es erscheint die Flamme

der Kalium-, Cäsium- und Rubidiumsalze violett; Natrium verdeckt die Farbe.
„ Natriumsalze intensiv gelb.
„ Lithiumsalze carminroth.
„ Bariumsalze gelbgrün.
„ Strontiumsalze intensiv roth. Das schwefelsaure Salz ist in der Reductionsflamme zu glühen und mit HCl zu betupfen.
„ Calciumsalze gelbroth.
„ Kupfersalze schön smaragdgrün; HCl erhöht die Farbe, der grüne Kern umgiebt sich mit einem azurblauen Saume.
„ Thalliumsalze schön grasgrün.
„ Indiumsalze intensiv rein indigoblau.

Sättigt man eine Perle von phosphorsaurem Natron-Ammoniak (Phosphorsalz) mit Kupferoxyd und bringt nun irgend eine Verbindung des Chlors, Jods oder Broms auf die Perle und mit ihr in die Flamme, so färbt sich diese bei Anwesenheit von Chlor: azurblau, Jod: intensiv grün, Brom: blau, ins Grüne ziehend. Es erscheinen weiter

durch blaues Glas: die Kaliumflamme violett bis carmoisinroth, die Natriumflamme blau bis unsichtbar, die Lithiumflamme carminroth bis unsichtbar, die Strontiumflamme purpurroth bis rosa, die Calciumflamme grüngrau;

durch violettes Glas: die Kaliumflamme violett, die Natriumflamme gelb, die Lithiumflamme carminroth;

durch rothes Glas: die Natriumflamme orangegelb bis graugrünlich, die Kupferflamme unsichtbar;

durch grünes Glas: die Kaliumflamme blaugrün, die Natriumflamme orangegelb, die Lithiumflamme unsichtbar, die Strontiumflamme schwach gelblich, die Calciumflamme zeisiggrün, die Bariumflamme blaugrün.

Es ist wohl zu beachten, dass der Platindraht, dessen man sich zu obigen Flammenproben bedient, stets rein sei. Zu diesem Zwecke schmilzt man ihn in ein kurzes, starkwandiges Glasröhrchen ein, schiebt dieses durch einen Kork und setzt denselben auf ein mit HCl halbgefülltes Reagensgläschen. Vor dem Gebrauche wird der Draht mit Wasser abgespritzt und in der Flamme so lange geglüht, bis diese keine Färbung mehr zeigt.

f) heiss gelb, kalt weiss, durch NH_3 schwarz werdend: Quecksilberchlorür;
g) dunkler Metallspiegel: Arsen;
h) weisse, glänzende Krystalle, mit Kohle gemischt Metallspiegel: arsenige Säure;
i) heiss rothgelb, kalt gelb: Schwefelarsen.

5. Der K. verkohlt: organische Stoffe. Gleichzeitiges Auftreten von NH_3: stickstoffhaltige Körper.

II. Erhitzen mit Soda vor dem Löthrohre (232).
1. Weisse leuchtende Masse: alkalische Erden und Zinkoxyd (Grünfärbung durch Kobaltlösung).
2. Vergleiche S. 810 und folg. die Rubrik „Löthrohr" zu Zink, Silber, Blei, Kupfer, Wismuth, Cadmium, Gold, Platin, Zinn, Antimon und Arsen.

III. Verhalten zur Boraxperle vor dem Löthrohre; vergl. S. 809 und folg. die Rubrik „Löthrohr" zu Chrom, Mangan, Kobalt, Eisen und Kupfer.

B. Auflösung.

I. Erhitzen des K. mit erst wenig, dann, wenn völlige Lösung nicht erfolgt, mit mehr Wasser:
1. Der K. löst sich vollständig: Untersuchung nach C (S. 830).
2. Es bleibt ein Rückstand: Untersuchung desselben nach II., des Filtrats nach C.

II. Erhitzen mit verdünnter oder concentrirter Salzsäure:

a) Aufbrausen: CO_2 oder HS (S. 817 Nro. 10 und 11). — Um CO_2 neben HS nachzuweisen, leitet man das Gas in Kalkwasser; weisse Trübung: CO_2;
b) Chlorentwickelung: Hyperoxyde.

1. Der K. löst sich völlig: Unters. nach C.
2. Es bleibt ein Rückstand (wenn gallertartig: SiO_2): Verdampfen zur Trockne, Aufnehmen mit HCl und Wasser, Filtriren; Filtrat nach C. zu untersuchen, Rückstand auf Kieselsäure zu prüfen (S. 816 Nro. 6).

III. Erhitzen einer neuen Probe des K. (wenn in HO und HCl unlöslich) mit NO_5 (nöthigenfalls unter Wasserzusatz, Abgiessen des Gelösten und wiederholtem Behandeln mit NO_5):

		Gefällt
A. Salzsäure	B. Schwefelwasserstoff aus saurer Lösung	C. Schwefelammonium nach vorherigem Zusat[z] von Ammoniak und Salmiak
als Chlormetalle: AgO, Hg_2O u. PbO weiss AgCl; lösl. in NH_3. Hg_2Cl; durch NH_3 schwarz werdend. PbCl; löslich in viel Wasser, daraus durch SO_3 fällbar. Vermuthet man Kieselsäure, so dampft man die mit HCl angesäuerte Lösung zur Trockne, nimmt mit HCl und Wasser auf, untersucht die Lösung nach B., das Ungelöste aber auf SiO_2 (Nro. 6 S. 816).	als Schwefelmetalle: HgO; unlöslich in kochender NO_5. PbO; löslich in heisser verdünnter NO_5, fällbar durch SO_3. BiO_3; löslich in NO_5, fällbar durch viel Wasser. CuO; löslich in NO_5, Lösung durch NH_3 blau werdend. braun bis schwarz. CdO; hochgelb. unlöslich in Schwefelammonium. AuO_3, PtO_2 und SnO; schwarzbraun, löslich in Königswasser. Lösung nach Nr. 7, 8 u. 9 S. 814 zu prüfen. SnO_2; gelb, unlöslich in kohlensaurem Ammon. AsO_3; gelb, leicht löslich in kohlensaurem Ammon. SbO_3; orange. löslich in Schwefelammonium.	als Salze (weiss), in Kal[i] unlöslich: MgO (und PO_5): kry[-]stallinisch. BaO, SrO, CaO bei Gegenwart vo[n] PO_5, BO_3 und Oxalsäure. Lösen in HCl und Thei[-]len in drei Portionen[.] Port. 1. Trübung durc[h] Strontianwasser: Ba[O] Port. 2. Concentriren [u.] Prüfen mittelst Flam[-]menprobe (S. 823) au[f] SrO. Port. 3. Ausfällen mit SO_3 u. Uebersättige[n] des mit Oxalsäure ver[-]setzten Filtrats mi[t] NH_3; weisser Nieder[-]schlag: CaO. als Oxyde (in Kali lösl.) Al_2O_3; weiss. Cr_2O_3; grün. als Schwefelmetalle NiO, CoO: schwarz, in kalte[r] HCl unlösl., lösl. i[n] Königswasser. (N[r.] 3 u. 4. S. 811). FeO; schwarz, löslich i[n] HCl. MnO; fleischroth, lös[-]lich in $\overline{A}$. ZnO; weiss, unlösl. in $\overline{A}$

a) Lösung auf Blei zu prüfen (S. 813);
b) das Ungelöste wird durch NH_3 schwarz: Quecksilberoxydul;
c) das Ungelöste löst sich in NH_3 ganz oder theilweise; die Lösung wird durch NO_5 weiss und käsig gefällt: Silber.

3. Entwickelung von HS und milchige Trübung: lösliche Schwefelmetalle. — Die Flüssigkeit nach V. weiter zu untersuchen.
4. Entwickelung von HS und gefärbter Niederschlag: Sulfosalze (525) von Au, Pt, Sn, Sb und As. — Niederschlag nach IV., Filtrat nach V. zu untersuchen.

II. Man versetzt mit Schwefelwasserstoffwasser oder leitet HS durch die erwärmte Flüssigkeit*):
1. Sie bleibt unverändert oder wird nur milchig getrübt: man geht zu V. über.
2. Gefärbte Ausscheidung: Filtrat nach V., Niederschlag nach III. zu untersuchen.

III. Der Niederschlag wird in gelinder Wärme mit gelbem Schwefelammonium behandelt; er löst sich darin gänzlich (nach IV. zu untersuchen), nur theilweise oder bleibt ungelöst. In letzteren beiden Fällen wird filtrirt, das Filtrat (wenn es durch verdünnte SO_3 nicht rein weiss**) und milchig getrübt wird) nach IV. untersucht, der Filterinhalt aber mit NO_5 gekocht:
1. Es erfolgt totale Lösung; Zusatz von viel verdünnter SO_3, Concentriren, Verdünnen mit Wasser und Filtriren:
a) weisser, in essigsaurem Ammon löslicher Rückstand: Blei.
b) Filtrat von a. durch NH_3 weiss gefällt: Wismuth.
c) Filtrat von b. (blaue Färbung: Kupfer) mit HCl angesäuert und mit HS ausgefällt. Niederschlag mit verdünnter SO_3 gekocht:
α. Schwarzer, unlöslicher Rückstand: Kupfer.
β. Lösung durch HS gelb gefällt: Cadmium.
2. Es hinterbleibt ein Rückstand (die Lösung wird nach 1. untersucht):
a) schwarz, in essigsaurem Ammon unlöslich: Quecksilber;
b) weiss, darin löslich, durch HS fällbar: Blei.

IV. Das NH_3, HS — haltige Filtrat wird mit verdünnter SO_3 angesäuert, der abfiltrirte Niederschlag***) mit kohlensaurem Ammon behandelt und filtrirt:

*) Ist die Anwesenheit von SiO_2 zu vermuthen, so verdampft man vorher zur Trockne und löst den Rückstand in HCl und Wasser; SiO_2 bleibt ungelöst. — **) Es kann geringe Mengen Cu als CuS enthalten. — ***) Aus seiner Farbe kann man einigermaassen auf seine Zusammensetzung schliessen; s. S. 812.

Aloïn §. 772.
Aluminium 360 etc.
Amalgamationsprocess 480.
Amalgame 475.
Ameisenäther 661.
Ameisensäure 685.
Amidoessigsäure 854.
Ammoniak 321. 330.
— alaun 366.
— als Pflanzennährmittel 806.
— basen 663.
— durch Fäulniss 234. 332. 632. 853.
— gummi 757.
— seife 709.
Ammonium 320.
Amorphie 139. 141. 315.
Amygdalin 767.
Amyl etc. 686.
Amylen etc. 689.
Amylum 594.
Analyse 7.
— Elementar- 570.
— Maass- 481.
— qualitative S. 787.
— Spectral- S. 799.
Anchusin §. 774.
Anilin 579. 775.
Anthracen 579.
Anthracit 591.
Antichlor 170.
Antidotum Arsenici 401.
Antimon 518.
— wasserstoff 534.
Anzünden 124.
Apatit 347.
Apfelöl 686.
Arabin 612.
Aräometer 18. 654.
Argentan 421.
Arragonit 333.
Arrak 650.
Arrow-root 594.
Arsen, Arsenik 526 etc.
Arsenmethyl 683.
Artesische Brunnen 368.
Asa fötida 757.
Asche der Pflanzen 795.
Asparagin §. 787.
Asphalt 582. 748.
Athmen 166. 840.
Atmosphäre 97.
Atome 537.
Atomgewichte 539.
— wärme 539.
Atropin 786.
Auffangen von Gasen 61.
Auflösung 46.
Ausdehnung 24. 28. 104.
Auslöschen 125. 219. 698.
Aussaigern 480.
Austerschalen 861.

B.

Backen 680.
Backpulver 682.
Baker-Guano 347.
Baldriansäure 687.
Balsame 741.
Barium etc. 352.
Barometer 100.
Basen 71. 267. 544.
— organische 781.
Basenradical nach 236. 543.
Bast 562.
Baumöl 704.
Baumwolle 564.
— explodirende 567.
Beckenapparat 648.
Beizen 197. 780.
Beleuchtung 115. 697.
Benzoë 747.
— säure 793. 878.
Benzol, Benzin 577.
Benzyl 793.
Bergblau 453.
Bergtheer 582.
Berlinerblau 408.
Bernstein 748.
— säure 636. 792.
Beryllium 378.
Betulin 747.
Bienenwachs 707.

Ceryl §. 688. 707.
Cetrarsäure 772.
Cetyl 688. 706.
Chamäleon 416.
Chemische Kraft 5.
— Processe 1.
— Verbindungsgesetze 267. 379. 536.
— Zeichen und Formeln 95. 541.
Chilisalpeter 312.
Chinabasen 784.
Chinagerbsäure 769.
Chinin etc. 784.
Chinolinbasen 789.
Chitin 860.
Chlor 166.
Chloräthyl 661.
Chloral, — hydrat 676.
Chlorammonium 324.
— antimon 174. 521.
— barium 353.
— blei 439.
— calcium 341.
— eisen 407.
— essigsäure 676.
— gold 484.
— kalium 281.
— kalk 349.
— kobalt 420.
— kohlenstoff 684.
— kupfer 455.
— magnesium 357.
— mangan 166. 414.
— metalle 174.
— methyl 683.
— natrium 176.
— platin 490.
— quecksilber 466. 469.
— säure 228.
— silber 478.
— wasser 169.
— wasserstoff 238.
— zink 425.
— zinn 497.
Chloroform 684.
Chlorophyll 777.
Chlorungsstufen 177.
Chlorüre und Chloride §. 154.
Cholin 848.
Chondrin 855.
Chrom 508 etc.
Chylus 832.
Cinchonin 597. 784.
Circularpolarisation 622.
Citronsäure 792.
Coak 116. 130. 577.
Cocaïn 787.
Cochenille 774.
— roth 529.
Cocosöl 704.
Cognac 639.
Cognacöl 686.
Cohäsion 19. 537.
Colchicin 786.
Collodium 568.
Colophonium 750.
Colostrum 822.
Columbin 772.
Coniin 788.
Conservirung organischer Stoffe 573. 593. 595. 655. 763. 847.
Constitutionsformeln 541. 794.
Contactwirkung 94. 491. 605.
Copal 747.
Cumarin 794.
Cupellation 480.
Curcuma 776.
Cyan 181.
— kalium 409.
— säure 229.
— wasserstoffsäure 250.
Cymol 726.

D.

Dachpappe 577.
Daguerreotypie 478.
Dammarharz 747.
Dämpfe 35. 106.
Dampfkessel 103.
Davy's Sicherheitslampe 125.
Decimalgewicht und Maass 9.

Dephlegmator §. 648.
Desinfection 171. 350. 580.
Desoxydiren 302. 346. 390.
Destillation 41.
— trockne 131. 323.
Destillirte Wässer 41. 734.
Dextrin 603.
Dialyse 535. 802.
Diamant 116.
Diastas 606. 629.
Dichroismus 490.
Didym 418.
Diffusion 198.
Dimorphie 117. 138.
Doppelsalze 364.
Drachenblut 747.
Düngung durch Ammoniaksalze 332.
— — Guano 876.
— — Gyps 345.
— — Kalisalze 296.
— — Kalk 339.
— — Knochen 866.
— — Leim 854.
— — Mineralstoffe 811.

E.

Ebonit 761.
Edle Metalle 476. 483.
Eidotter 816.
Einpöckeln von Fleisch 847.
Eisbildung 29.
Eisen 384 etc.
Eisensalze 96. 399.
— oxyd und Oxalräure 262.
— und Sauerstoff 70. 385.
— und Schwefel 144. 398.
— vitriol 96. 400.
Eiweiss 595. 815.
Eiweissartige Stoffe 629.
Elaeopten 729.
Elaïn 702.
— säure 718.
Elaylgas 120. 665.
Elektrophor 752.
Elementaranalyse §. 570.
Elemente, alte 20.
— chemische 380.
Email 494.
Emetin 786.
Emulsion 694.
Endosmose 802. 833.
Enthaaren der Häute 521. 857.
Erbsenstärke 596.
Erdalkalimetalle 333.
Erdboden 372.
Erden 372.
Erdharze 748.
Erdmetalle 360.
Erdöl 582.
Erythrinsäure 775.
Essig 667.
Essigäther 661.
— säure 263. 491. 672. 690.
Euphorbium 757.
Excremente 867.
Extracte 763.
Extractionsverfahren 480.
Extractivstoffe 764.

F.

Fäces 868.
Färben 780.
Fäulniss 330. 586. 632. 825.
Fahlerz 456.
Farbstoffe 773.
Feine Mark 482.
Feldspath 367.
Ferment 634. 636.
Fermentolea 727.
Fette 691. 831.
Fettsäuren 715.
Fibrin 836.
Fichtenharz 743.
Filtriren 48.
Firniss 703. 754.
Firnissöle 695. 703.
Fischguano 665.
Fischthran 705.
Flachs 563.

Gummi elasticum §. 759.
— gutti 757.
— harze 757.
— lack 747.
— Traganth 614.
Gusseisen 392.
Gutta percha 762.
Gyps 343.

H.

Haare 858.
Hämatin 837.
Hämatoxylin 779.
Halogene 182.
Haloïdsalze 182. 246. 543.
Hammerschlag 385.
Hanf 557.
Harnsäure 874.
Harnstoff 872.
Hartloth 502.
Harze 743.
Harzgas 752.
Harzseife 756.
Hausenblase 850.
Haut 851.
Hefe 636. 641.
Hippursäure 877.
Hirschgeweih 764. 772.
Hirschhorngeist 323.
Hoffmannscher Geist 659.
Hohofenprocess 391.
Höllenstein 477.
Holz 560.
— faules 583. 592.
Holzasche 269. 795.
Holzcellulose 561.
Holzessig 131. 573. 673.
Holzgas 131. 572.
Holzgeist 574. 683.
Holzkohle 113.
Holztheer 131. 575.
Homologe Reihen 689.
Honig 635.
Hopfen 640.
Hornsilber 478.
Hornsubstanz §. 858.
Humus 584.
Hyacinth 378.
Hyalogene 183.
Hydrargyrum 462.
Hydrate 55.
Hydraulischer Kalk 338.
Hydrogen 85.
Hydrothionsäure 147.
Hydroxyl 687.
Hygrometer 38.
Hyoscyamin 786.

I.

Imparatorin 772.
Indigo 189. 778.
— tinctur 213.
Indium 430.
Inosinsäure 843.
Inulin 611.
Iridium 492.
Isatin 778.
Isomerie 226. 553.
Isomorphie 366.

J.

Jod etc. 178.
— äthyl 661.
— wasserstoffsäure 248.
Judenpech 748.
Jute 562.

K.

Kahm 675.
Kakodyl 683.
Kali 274 etc.
— alaun 364.
— antimonsaures 520.
Kaliapparat 570.
Kali chlorsaures 63. 288.
— chromsaures 509.

Kali, oxalsaures §. 260. 294.
— weinsaures 255. 292.
Kalilauge 274.
Kaliseifen 709.
Kalium 269 etc.
Kaliumeisencyanid 411.
— — cyanür 409.
Kalk 333 etc.
— löschen 33. 337.
— mörtel 338.
— seife 334. 716.
— sinter 334.
— und Oxalsäure 261.
— wasser 47. 337.
Kälte 28. 40.
Käse 820.
Kamphor 726.
Kanonenmetall 461.
Karat 487.
Kartoffelstärke 595.
Katalyse 94. 491. 605.
Kautschuk 759.
Keimen 556.
Kermes 523.
Kesselstein 334.
Kienruss 116. 752.
Kiesel 183.
Kieselerde 234.
Kino 771.
Kirschgummi 614.
Kleber 453. 597. 629.
Kleesalz 260.
Kleesäure 258.
Kleister 600.
Knallgas 92.
— gold 485.
— quecksilber 471.
— säure 229.
— silber 477.
Knochen 225. 861.
Knochenkohle 116. 863.
Knorpel 850. 855.
Koak 116. 130. 576.
Kobalt 419 etc.
Kochen 34. 102.
— von Fleisch 845.
Kochsalz 297.
— Verflüchtigung 182.
Kochsalz zur Seifenbildung §. 711.
Kohle 113. 129.
Kohlenhydrate 598. 830.
Kohlenoxydgas 119.
Kohlensäure 65. 118. 196.
— als Pflanzennährmittel 804.
— beim Athmen 840.
— in der Luft 110.
Kohlenstoff 112. 551.
Kohlenwasserstoff 120. 586. 664.
Königswasser 247.
Koprolithen 347.
Kräfte 21.
Kraftfuttermittel 631.
Krapp 774.
Kreatin 843.
Kreide 333.
Kreosot 573. 580.
Kreuzbeeren 776.
Krümelzucker 616.
Krystallglas 316.
Krystallisation 51. 137.
— gestörte 52.
Krystallwasser 55.
Kümmelöl 724.
Küpe, kalte etc. 778.
Kupfer 446 etc.
— eisencyanür 410.
— legirungen 461.
— stein 457.
— und Schwefel 143.
— vitriol 217. 451.
— wasser 400.

L.

Lab 821.
Lac-Lac 774.
Lackfarben 780.
Lackfirnisse 754.
Lackmus 779.
— papier 48.
Lactometer 822.
Lactucarium 757.
Lampenruss 128.
Lanthan 418.

Moosstärke §. 611.
Moringerbsäure 776.
Morphin 783.
Mörtel 338.
Moussirende Getränke 199.
Musivgold 500.
Muskatbutter 704.
Muskelfleisch 842.
Mycoderma 641. 667.
Myosin 844.
Myricyl 688. 707.
Myristinsäure 718.
Myronsäure 767.
Myrrhe 757.

N.

Nachgährung 642.
Nahrungsmittel der Pflanzen 801.
— der Thiere 631. 828.
Naphtalin 577.
Naphten 660.
Narcotin 783.
Natrium 297 etc.
— und Sauerstoff 69. 307.
Natron 307 etc.
— alaun 366.
— antimonsaures 520.
— lauge 307.
— schwefligsaures 217.
— seife 708.
Neusilber 421.
Neutralisation 73. 186.
Nichtmetalle 57.
Nickel 419 etc.
Nicotin 788.
Niob 504.
Nitrogen 111.
Nitrokörper 567. 578. 721.

O.

Obergährung 641.
Ocker 387.
Oelbildendes Gas 665.
Oele, ätherische 723.
Oele, brenzliche §. 728.
— durch Gährung 727.
— fette 691.
Oelflamme 697.
Oelgas 696.
Oelkuchen 704.
Oellampe 697.
Oelseife 709.
Oelsüss 719.
Oelzucker 737.
Oenanthyl 688.
Oleïn 702.
— säure 718.
Olin, Olanin 702.
Olivenöl 704.
Operment 531.
Opium 757.
— basen 783.
Opodeldoc 713.
Orcin. Orsellsäure 775.
Organische Basen 781.
— — künstliche 789.
— Radicale 553.
— Säuren 252. 690. 790.
— — der Alkoholreihe 690.
Organogene 57.
Orlean 776.
Orseille 775.
Osmium 492.
Osteolith 347.
Oxalsäure 258. 612. 791.
Oxyd und Oxydul 79.
Oxydationsflamme 232.
Oxydationsstufen 77. 177.
Oxydiren 68.
— durch Chlor 173.
— — chlorsaures Kali 435.
— — Salpeter 286.
— — Salpetersäure 188.
Oxygen 57.
Oxypropionsäure 678.
Ozon 83. 160.

P.

Paarling 434.
Palladium 492.
Palmitin 700.

Palmitinsäure §. 690. 700.
Palmöl 704.
Papierleim 756.
Papinianischer Topf 103.
Paraffin 575.
Parfüms 735.
Pech 747. 752.
Pectin 615.
Pergament 857.
Pergamentpapier 565.
Persio 594.
Petroleum 582.
Pflanzenasche 795.
— basen 781.
— caseïn 629.
— eiweiss 629.
— faser 556.
— fette 703.
— gallerte 615.
— leben 546.
— säuren 252. 690. 790.
— schleim 614.
— talg 704.
— wachsthum 801.
Pflaster 714.
Phenol 580.
Phlegma 649.
Phloridzin 767.
Phosphor 154.
Phosphorige Säure 227.
Phosphorit 347.
Phosphorsäure 65. 223.
Phosphorwasserstoff 162.
Photogen 581.
Photographie 478.
Pigmente 773.
Pikrinsäure 580.
Pikrotoxin 772.
Pininsäure 746.
Piperin 787.
Pipetten 13.
Plastische Nahrungsmittel 629.
Platin 489.
— schwamm 90.
Pneumatische Wanne 61.
Polarisationsapparat 471.
Politur 754.
Polychroit 592.
Polymere Körper §. 553.
Polymorphie 117.
Populin 767.
Pottasche 269.
Präcipitat, weisser und rother 468. 470.
Präcipitation 141.
Prädisponirende Verwandtschaft 163.
Präparirsalz 495.
Presshefe 645.
Probezinn 493.
Probirpapier 49.
Propionsäure 678.
Propenylalcohol 719.
Proportionen, chemische 382.
Propyl 688.
Propylen 689.
Proteïnstoffe 598. 629. 829.
Puddeln 349.
Puzzolane 338.
Purree 770.
Pyridinbasen 789.
Pyrogallussäure 770.
Pyrogene 135.
Pyrometer 26.
Pyrophor 397. 441.

Q.

Quartscheidung 486.
Quarz 234.
Quassiin 772.
Quecksilber 462 etc.
Quellwasser 46.
Quercitron 776.

R.

Radicale nach 236. 544. 553.
Rahmmesser ~~822~~. 762
Raseneisenstein 387.
Rattenlatwerge 155.
Räucherung 573. 731. 752.
Räucherspiritus 735.
Rauschgelb 531.

Reagentien S. 155.
— auf Ammoniak §. 325.
— — Antimon 523. 534.
— — Arsen 531. 533.
— — Blei 437.
— — Chlor 245.
— — Eisen 405. 410.
— — Essigsäure 266.
— — Gold 485.
— — Jod 178. 601.
— — Kali 295.
— — Kalk 336.
— — Kohlensäure 127.
— — Kupfer 410. 456.
— — Magnesia 357.
— — Mangan 415.
— — Metalle 149.
— — Natron 317. 520.
— — Oxalsäure 261.
— — Phosphorsäure 226.
— — Platin 490.
— — Quecksilber 474.
— — Salpetersäure 189.
— — Schwefelsäure 209.
— — Schwefelwasserstoff 146. 632.
— — Silber 478.
— — Stärke 599.
— — Thonerde 365.
— — Weinsäure 255.
— — Wismuth 507.
— — Zink 427.
— — Zinn 485. 500.
— — Zucker 620.
— Zusammenstellung, s. am Schlusse des Werkes.
Realgar 531.
Rectification 647.
Reduction durch Wasserstoff 459.
— galvanische 460.
— nasse 175.
— trockne 390. 428. 443.
Reductionsflamme 232.
Regenwasser 41.
Reif 45.
Respirationsmittel 830. 841.
Rhodankalium 283.
Rhodium 492.
Riechen §. 135. 740.
Riechessig 735.
Rohrzucker 619.
Rosanilin 579. 789.
Rose'sches Metall 506.
Rost des Eisens 387.
Röstgummi 681.
Rothgültigerz 479.
Rothholz 774.
Rothkupfererz 447.
Ruberythrinsäure 774.
Rubidium 319.
Rubin 362.
Rüböl 704.
Rückblick auf Alkalimetalle, nach 332.
— — Alkali-, Erdalkali- und Erdmetalle, nach 378.
— — eiweissartige Stoffe, nach 634.
— — Erdalkalimetalle, nach 359.
— — Erdmetalle, nach 378.
— — Extractiv- und Farbstoffe, nach 780.
— — Halogene, nach 182.
— — Harze und Oele, nach 762.
— — Holzfaser, Stärke und Zucker, nach 628.
— — Metalle, nach 535.
— — Metalle der Chromgruppe, nach 535.
— — Eisengruppe, nach 431.
— — Platingruppe, nach 492.
— — Silbergruppe, nach 482.
— — Metalloïde, nach 183.
— — Organogene, nach 134.
— — Pflanzensäuren, nach 266.
— — Pflanzenstoffe, nach 811.
— — Pyrogene, nach 165.
— — Sauerstoffsäuren, nach 236.

Rückblick auf Thierstoffe, nach §. 878.
— — Wasserstoffsäuren, nach 250.
Rum 650.
Rumäther 660.
Russ 116. 128. 752.
Ruthenium 492.

S.

Safflor 774.
Safran 776.
Saftgrün 777.
Saftsteigen der Pflanzen 802.
Sago 599.
Saigerprocess 505.
Salicin 767.
Salicylsäure 794.
Salinen 298.
Salmiak 324.
Salmiakgeist 328.
Salpeter 51.
— äther 661.
— bildung 633.
— salzsäure 247.
— säure 184.
— als Pflanzennährmittel 806.
Salpetrige Säure 192.
Salze 73. 186, nach 236. 544.
— basische, nach 378.
— saure 260, nach 378.
Salzäther 661.
— bildner 182.
— radical, nach 236.
— säure 238.
— soole 298.
Sandarak 747.
Sandelholz 774.
Santonin 772.
Saphir 362.
Saponin 767.
Sarkin 843.
Sättigungscapacität 267.
Satzmehl 594.
Säuerlinge 199. 589.
Sauerstoff §. 57.
— säuren 184. 543.
— salze, Rückblick nach 236.
Sauerteig 680.
Säuren 68. 184. 267. 544.
— aromatische 793.
— Fett- 715.
— organische 252. 790.
— Sauerstoff- 184. 543.
— Wasserstoff- 237.
Säureradical nach 236. 543.
Scheel'sches Grün 529.
Scheidewasser 184.
Schellack 747.
Scherbenkobalt 526.
Schiesspulver 287.
Schiesswolle 567.
Schlacke 315. 391.
Schlämmen 374.
Schleimharze 757.
Schleimzucker 626.
Schlippe'sches Salz 524.
Schmalz 691. 705.
Schmecken 135.
Schmelzen 30.
Schmiedeeisen 393.
Schmieröle 695. 704.
Schnellessigfabrication 669.
Schnellloth 502.
Schrot 432.
Schwarzkupfer 457.
Schwefel 135.
— amorpher 139. 141.
— der Proteïnstoffe 630.
Schwefelalkohol 152.
— allyl 730.
— ammonium 329.
— antimon 523.
— arsen 531.
— äther 657.
— äthyl 662.
— blei 148. 442.
— blumen 140.
— calcium 346
— cyankalium 283.
— eisen 144.
— gold 485.
— kalium 279.

Schwefelalkoholkies §. 398.
— kohlenstoff 152.
— kupfer 143. 456.
— leber 279.
— mangan 415.
— metalle 143. 148.
— — Rückblick, nach 535.
— molybdän 516.
— natrium 302.
— platin 490.
— quecksilber 472.
— salze 525.
— säure 208 etc.
— — hydrat 211.
— — Mischen mit Wasser 88.
— silber 479.
— spiessglanz 523.
— wässer 151.
— wasserstoff 146. 150.
— — ammoniak 329.
— weinsäure 656.
— zink 427.
— zinn 499.
Schweflige Säure 65. 142. 217.
Schweflungsstufen 145.
Schweinfurter Grün 529.
Schwerspath 353.
Seesalz 298.
Seide 859.
Seifen 708.
Selbstentzündung 115. 157.
Selen 153.
Senkwage 18. 654.
Sicherheitslampe 125.
— röhren 99.
Sieden 34. 102.
Siegellack 751.
Silber 476.
— glätte 433.
— spiegel 488.
Silicate 235.
Silicium 183.
Smalte 420.
Smaragd 378.
Smirgel 362.
Soda 303.
Solanin 766.
Solaröl §. 699.
Soolen 298.
Spartiin 788.
Spatheisenstein 388.
Specifisches Gewicht 14. 107.
Specifische Wärme 42. 108. 539.
Spectralanalyse s. am Schlusse des Werks.
Spiessglanz 523.
Spiritus 653.
Sprengöl 721.
Sprit 639.
Spritzglas 101.
Sprudelstein 334.
Stabeisen 393.
Stahl 395.
Stannäthyl 662.
Stärke 594.
— gummi 603. 606.
— syrup 604.
— zucker 604.
— thierische 611.
Status nascendi 167.
Stearin 701.
Stearinsäure 690. 716.
Stearopten 729.
Steindruck 333.
Steinkohlen 589.
Steinkohlentheer 577.
Steinöl 582.
Stibäthyl 662.
Stickstoff 111.
— bestimmung 571.
— in Pflanzen 806. 829.
— in Thieren 813. 829.
— oxyd 193.
— oxydul 194.
Stöchiometrie 72.
Stocklack 747.
Streichloth 502.
Strontium 352.
Strychnin 785.
Sublimation 140. 469. 695.
Suboxyd 79.
Sulfosalze 525.
Sulfüre. Sulfide 145.
Sulfurete 525.
Sumpferz 387.

Sumpfgas §. 120. 586.
Superoxyd 79.
Sylvinsäure 746.
Synthese 7.
Syntonin 844.

T.

Talg 691. 705.
— seife 708.
Talkerde 356.
Tannin 769.
Tantal 504.
Tartarus 257.
Taurocholsäure 848.
Tellur 153.
Temperatur 25.
Terpene 730.
Terpentin 726. 741.
Terpentinöl 723. 726.
Thallium 431.
Thau 38. 45.
Theakel 714.
Theobromin 787.
Thermometer 25.
Thierfibrin 836.
Thierleben 812.
Thon 368.
Thonerde 361 etc.
Thonwaaren 370.
Thran 705.
Tinte 405. 779.
— blaue 408.
— rothe 774.
— sympathetische 420. 455.
Titan 504.
Titriren 481. 622.
Toluol 577.
Tombak 461.
Topas 362.
Töpferwaare 370.
Torf 588.
Traganth 614.
Trass 338.
Traubensaft 637.
— säure 791.
— zucker 604. 617.
Trinitrin 721.
Trockne Destillation 130. 572. 576.
Tropfstein 334.
Typentheorie §. 542.
Tyrosin 825. 859.

U.

Uebermangansäure 417.
Ueberoxyde 79.
Ultramarin 371.
Unorganische Pflanzenbestandtheile 797.
Unterchlorige Säure 228.
Untergährung 642.
Untersalpetersäure 191.
Uran 422.
Urin 869.

V.

Valenz 543.
Valeriansäure, Valeryl 687.
Vanadin 517.
Veratrin 786.
Verbindungsgesetze 72. 164. 267. 536.
Verbrennung 121.
— in Chlorgas 174.
— in Sauerstoffgas 65 etc.
— in Schwefeldampf 143.
— langsame 126.
— nasse 189.
— unter Wasser 159.
— unvollständige 128. 572.
— vollständige 127. 570.
Verdampfung 34.
Verdauung 832.
Verdunstung 37.
Verdunstungskälte 40.
Verflüchtigung feuerbeständiger Körper 233.
Vergoldung 488.
Verharzen 759.
Verkohlung 112. 213.
Verpuffung 287.
Versilberung 488.
— falsche 467.
Verwandtschaft, chemische 5. 163.
— der Metalloïde 251.
Verwesung 33. 583. 633.
Verwittern 300. 367.
Verzinnen 325. 503.

Vitriol, blauer §. 451.
— grüner 400.
— weisser 425.
Vitriolöl 207.

W.

Wachs 707.
Wachsthum der Pflanzen 801.
Wage 8.
— hydrostatische 16.
Waid 778.
Wallrath 706.
Wärme 23.
— bei chemischen Verbindungen 70. 92. 121.
— dehnt das Wasser aus 24.
— — die Luft aus 104.
— — feste Körper aus 27.
— hebt chemische Verbindungen auf 58.
— latente 33. 36.
— leitung 43.
— specifische 42. 108. 539.
— strahlung 44.
— wird frei 33. 36.
Wärmebildner 830.
Wasser 23. 93.
— als Nahrungsmittel der Pflanzen 803.
— Ausdehnung durch Kälte 28.
— — durch Wärme 29.
— bad 165.
— blei 116. 516.
— chemisch gebundenes 55.
— dampf 35.
Wasser, destillirtes 41. 734.
— dunst 37.
— gallen 368.
— gehalt der Luft 37. 110.
— glas 291. 315.
— hartes 334.
— Kochen desselben 34.
— mörtel 338.
— stoff 85.
— — feuerzeug 91.
— — Reduction durch 459.
— — säuren 237.
— weiches und hartes 41. 334.
Wasser, Zersetzung §. 56. 85.
— Zusammensetzung 56. 93.
Wau 776.
Weichharze 743.
Weichloth 502.
Weihrauch 747.
Wein 637.
Weingeist 652.
— flamme 133.
— thermometer 25.
— wage 654.
Weinsäure 253. 441. 791.
Weinstein 255.
Weissbleierz 440.
Weissblech 493. 503.
Weissgerberei 857.
Weizenstärke 597.
Werthigkeit, chemische 543.
Wetterglas 100.
Wiesenerz 388.
Wismuth 505.
Wolfram 515.
Wolle 859.

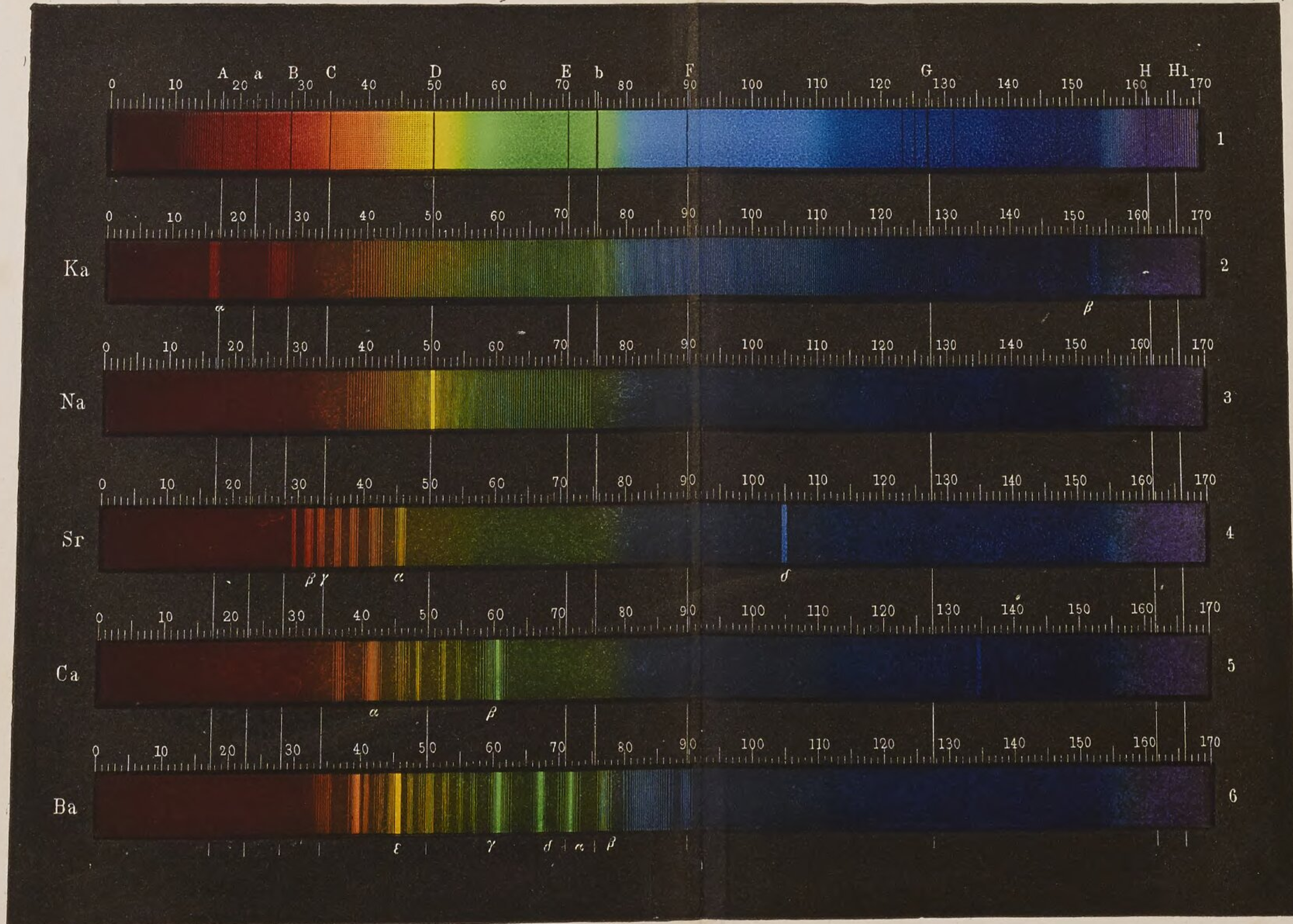
X.

Xanthin 843. 875.
Xylol 577.

Z.

Zähne 862.
Zeichen, chemische 95. 541. 554.
Zellgewebe 850.
Zeugdruck 780.
Zimmtsäure 739. 794.
Zimmttinctur 655.
Zink 423 etc.
Zinkäthyl 662.
Zinn 493 etc.
Zinnäthyl 662.
Zinnober 472.
Zirconium 378.
Zucker 604. 616.
— gährung 636.
— gebrannter 623.
Zündhölzchen 290.
Zurücksteigen von Flüssigkeiten 99.
Zusammensetzen 7.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS



A a B C D E b F G H H1
Ka
Na
Sr
Ca
Ba
1
2
3
4
5
6

Ferrocyan kupfer

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Stöckhardt, Julius Adolph,

Die Schule der Chemie, oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente zum Schulgebrauch u. zur Selbstbelehrung, insbes. für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbetreibende etc

Braunschweig 1876

Chem. 294 hg
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11332431-5